

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑲ Numéro de dépôt: 85201271.5

⑤① Int. Cl.⁴: **G 06 F 7/48, G 06 F 9/30,**
G 06 F 7/544, G 06 F 7/52

⑳ Date de dépôt: 06.08.85

BEST AVAILABLE COPY

③① Priorité: 14.08.84 FR 8412789
14.08.84 FR 8412801

⑦① Demandeur: **TELECOMMUNICATIONS**
RADIOELECTRIQUES ET TELEPHONIQUES T.R.T.,
88, rue Bréhat Savarin, F-75013 Paris (FR)

④③ Date de publication de la demande: 05.03.86
Bulletin 86/10

⑦② Inventeur: **Mary, Luc, SOCIETE CIVILE S.P.I.D. 209 rue**
de l'Université, F-75007 Paris (FR)
Inventeur: **Barazesh, Bahman, SOCIETE CIVILE**
S.P.I.D. 209 rue de l'Université, F-75007 Paris (FR)

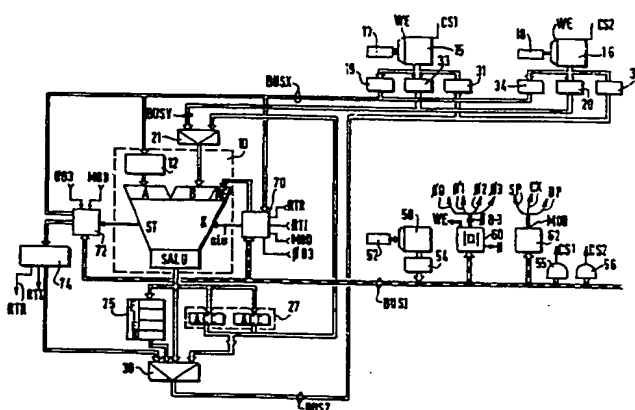
④④ Etats contractants désignés: **BE CH DE FR GB IT LI NL**
SE

⑦④ Mandataire: **Chaffraix, Jean et al, Société Civile**
S.P.I.D. 209, rue de l'Université, F-75007 Paris (FR)

④⑤ **Processeur pour effectuer suivant différents modes le traitement de données et dispositif de multiplication convenant pour un tel processeur.**

⑤⑦ Ce processeur prévu pour effectuer suivant différents modes, notamment mode de simple précision, mode de double précision, mode d'opérations complexes, le traitement de données transmises par au moins une ligne de données en fonction d'instructions issues d'une mémoire-programme (50) transmises par une ligne d'instructions (BUSI) est caractérisé en ce qu'il est prévu des moyens (62) pour engendrer des phases de traitement déclenchées par une instruction de déclaration de mode pour que les instructions suivantes soient exécutées dans le mode préalablement déclaré.

Application: traitement de données.



EP 0 173 383 A1

1

PROCESSEUR POUR EFFECTUER SUIVANT DIFFERENTS MODES LE
TRAITEMENT DE DONNEES ET DISPOSITIF DE MULTIPLICATION
CONVENANT POUR UN TEL PROCESSEUR.

La présente invention concerne un
processeur pour effectuer, suivant différents modes,
(notamment mode simple précision, mode double
précision, mode complexe) le traitement de données
transmises par au moins une ligne de données, en
fonction d'instructions issues d'une mémoire-
programme, transmises par une ligne d'instructions.

Les processeurs du genre cité ci-dessus
sont des dispositifs bien connus et trouvent
d'innombrables applications. Parmi celles-ci on
trouve la transmission de données par porteuse
en quadrature, c'est-à-dire que les données sont
considérées comme des grandeurs complexes avec
une partie réelle et une partie imaginaire, ce
qui n'exclut pas que le traitement peut être
aussi effectué sur des données réelles en simple
et même en double précision.

Les processeurs connus effectuent
d'une manière relativement simple des opérations
sur des grandeurs réelles en simple précision,
mais lorsqu'on veut traiter des données complexes
ou faire un traitement en double précision, il
faut alors prévoir dans la mémoire-programme tout
un jeu d'instructions pour détailler toutes les
opérations arithmétique et logique et aussi le
cheminement, dans des mémoires de travail ou dans
des registres opérationnels, de différents
résultats de calculs intermédiaires.

La présente invention propose un
processeur du genre mentionné dans le préambule

qui permet, sans nécessiter beaucoup d'instructions supplémentaires, le traitement de données suivant différents modes.

5 Pour cela, un tel processeur est remarquable en ce qu'il est prévu des moyens pour engendrer des phases de traitement déclenchées par une instruction de déclaration de mode pour que les instructions suivantes soient exécutées dans le mode déclaré.

10 L'invention apporte donc l'avantage que le travail du programmeur est considérablement allégé puisque, lorsqu'il travaille dans un mode autre que le mode en simple précision, une seule instruction effectue une opération complète dans le mode préalablement déclaré sans qu'il ait à se
15 soucier des différents calculs intermédiaires qu'impose ce mode déclaré.

Dans l'application envisagée ci-dessus, les traitements à effectuer impliquent de nombreuses
20 multiplications. Afin que celles-ci puissent être exécutées dans les différents modes prévus, l'invention procure aussi un dispositif de multiplication particulièrement bien adapté au processeur objet de l'invention.

25 Un tel dispositif de multiplication pour effectuer la multiplication de deux opérandes est remarquable en ce qu'il comporte des séries de registres d'entrée affectées chacune à un opérande, prévues pour fournir les opérandes en fonction du
30 mode déclaré aux entrées d'un organe de multiplication et pour fournir le résultat de la multiplication, une série de registres de sortie coopérant avec un organe d'addition-soustraction mis en oeuvre notamment dans le mode complexe.

35

La description suivante, accompagnée des dessins annexés, le tout donné à titre d'exemple non limitatif, fera bien comprendre comment l'invention peut être réalisée.

5 La figure 1 est un schéma d'un processeur conforme à l'invention.

La figure 2 représente le format d'instructions utilisées pour le processeur de la figure 1.

10 Les figures 3a et 3b représentent l'allure des signaux de phases.

La figure 4 représente le schéma des circuits d'adressage faisant partie du processeur de la figure 1.

15 La figure 5 représente le format d'autres instructions utilisées pour le processeur de la figure 1.

La figure 6 représente le schéma d'un circuit de gestion de commande faisant partie du processeur de la figure 1.

20 La figure 7 représente le registre de statut ainsi que son circuit de gestion, le tout faisant partie du processeur de la figure 1.

La figure 8 représente un diagramme-temps destiné à l'explication du fonctionnement du processeur de la figure 1.

La figure 9 représente en variante un processeur avec un dispositif de multiplication, le tout conforme à l'invention.

30 La figure 10 représente le schéma du dispositif de multiplication conforme à l'invention.

La figure 11 représente le format d'une instruction impliquant une multiplication à exécuter.

La figure 12 est un diagramme-temps montrant le fonctionnement de l'organe de multiplication dans le mode simple précision.

5 La figure 13 est un schéma montrant la propagation des calculs dans l'organe de multiplication faisant partie du dispositif de multiplication.

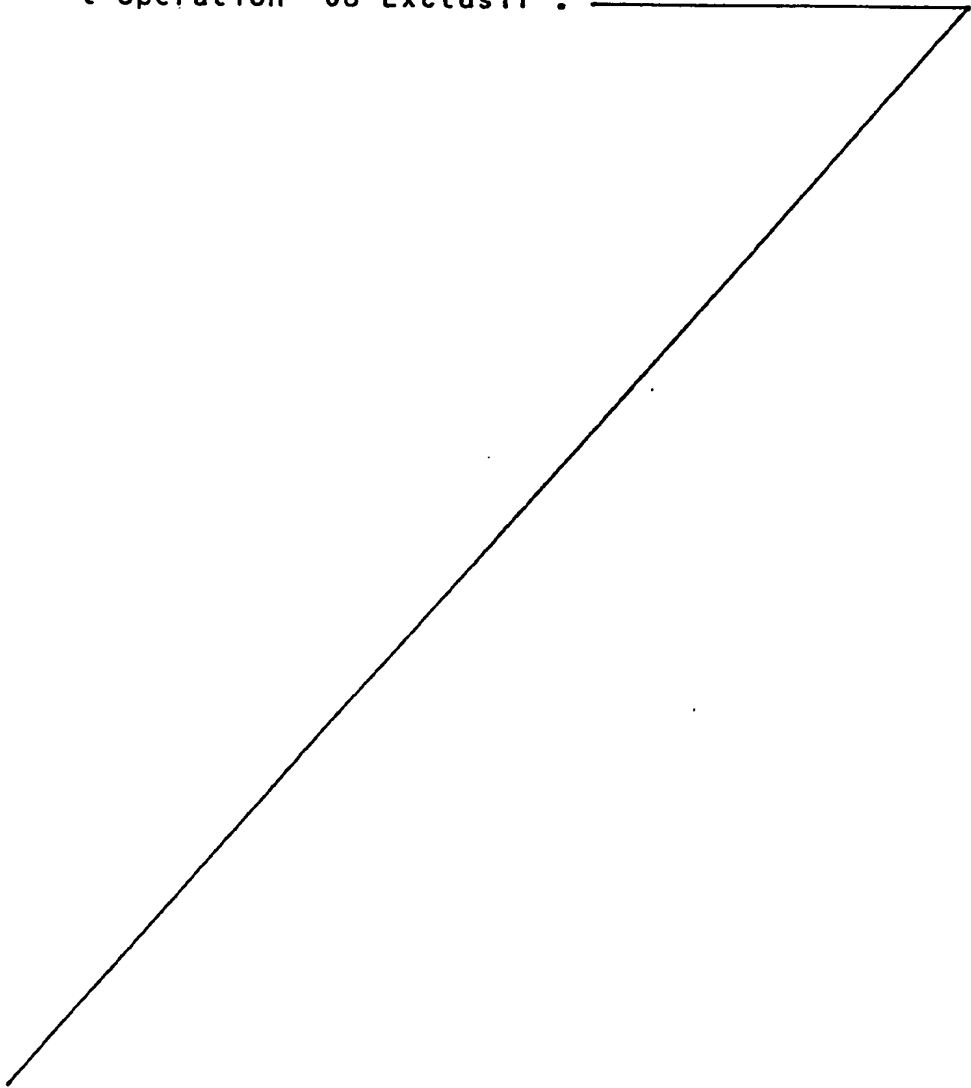
10 La figure 14 est un diagramme-temps montrant le fonctionnement du dispositif de multiplication dans le mode complexe.

La figure 15 est un diagramme-temps montrant le fonctionnement du dispositif de multiplication dans le mode double précision.

15 Le processeur montré à la figure 1 comporte une unité arithmétique et logique 10. Cette unité est munie d'une entrée d'opérande A à 16 bits, d'une entrée d'opérande B à 16 bits aussi, d'une entrée pour retenue RE et d'une sortie SALU où apparaissent les résultats sur 20 16 bits des opérations effectuées. La nature de ces opérations dépend d'un code "alu" appliqué à l'entrée pour code de commande K. L'unité 10 est munie d'une sortie ST pour définir le code de statut de l'unité 10. A cette unité 10 on peut 25 accoupler sur l'entrée d'opérande A, comme indiqué sur cette figure 1, une unité de décalage binaire 12 (BARREL SHIFTER).

Une telle unité 10, qui est supposée être d'un type classique, accouplée avec l'unité 30 12 peut effectuer les opérations indiquées dans le tableau I ci-dessous en fonction d'un code "alu" se présentant sous la forme d'un mot binaire à 5 bits. A ce mot binaire, on fait correspondre un code mnémotechnique écrit en lettres minuscules. 35 La quantité (RTE) représente la valeur du signal appliqué à l'entrée RE.

Le tableau I ci-dessous donne en outre des indications sur les données fournies à la sortie ST. L'information "sr" donne le signe du nombre à la sortie SALU, "rt" la valeur de la retenue ; "z" indique si le nombre à la sortie SALU est égal à zéro, "ov" indique s'il y a un dépassement, "mov" est un dépassement mémorisé, l'information "aov" représente la valeur SA15 \oplus SA14 où SA15 et SA14 représentent les éléments binaires de plus fort poids du nombre contenu dans le registre SALU et le symbole \oplus : l'opération "OU Exclusif".



5

10

15

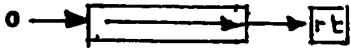
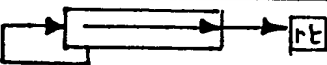
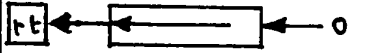
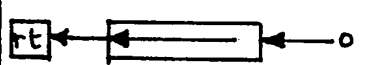
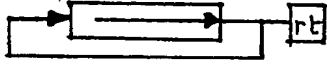
20

25

30

35

TABLEAU I

code "alu"		OPERATIONS	S T A T U T					
mot binaire	mnémo		sr	rt	z	ov	mov	aov
0 0 0 0 0	clr	0	0	0	1	0	-	0
0 0 0 0 1	add	$B + A/16$	*	*	*	*	*	*
0 0 0 1 1	apbc	$A + B + (RTE)$	*	*	*	*	*	*
0 0 1 0 1	ambc	$A + \overline{B} + (RTE)$	*	*	*	*	*	*
0 1 0 0 0	bmac	$\overline{A} + B + (RTE)$	*	*	*	*	*	*
0 0 1 1 1	dld		*	*	*	0	-	*
0 1 1 1 1	dad		*	*	*	0	-	*
1 1 0 1 1	dlg		*	*	*	0	-	*
0 1 0 1 1	dag		*	*	*	"1"	-	*
1 0 1 1 1	rod		*	*	*	0	-	*
0 1 1 0 1	lou	$A + B$	*	0	*	0	-	*
0 1 1 1 0	let	$A . B$	*	0	*	0	-	*
0 1 1 0 0	xou	$A \oplus B$	*	0	*	0	-	*
1 0 1 0 0	tra	A	*	0	*	0	-	*
1 0 1 0 1	trb	B	*	0	*	0	-	*
1 0 1 1 0	cmp	\overline{B}	*	0	*	0	-	*
1 1 0 1 0	dld 8	id à dld mais sur 8 bits	*	*	*	0	-	*
1 1 0 0 1	dlg 8	id à dlg mais sur 8 bits	*	*	*	0	-	*

NOTA : les signes +, . et \oplus définissent respectivement
 les opérations OU logique, ET logique et
 OU Exclusif pour les codes "lou", "let", "xou".
 "1" ov = SA14 \oplus SA15.

Les opérandes A et B peuvent provenir de mémoires 15 et 16 respectivement auxquelles sont adjoints les circuits d'adressage 17 et 18. Ces mémoires reçoivent un signal WE qui les met soit en écriture soit en lecture et un signal de validation (CS1 et CS2 respectivement).

5 La sortie de la mémoire 15 peut être reliée à l'entrée d'opérande A par l'intermédiaire d'un registre de sortie 19, d'une ligne à plusieurs fils (dans cet exemple 16) BUSX et de l'unité 12. De même la sortie de la mémoire 16 peut être reliée à l'entrée d'opérande B par l'intermédiaire d'un registre de sortie 20, d'une ligne à plusieurs fils (16 aussi)

10 BUSY et d'un multiplexeur 21. Les résultats contenus dans le registre de sortie SALU peuvent être emmagasinés dans une mémoire 25 du type première donnée entrée, première donnée sortie (mémoire FIFO) ou dans un ensemble d'accumulateurs 27. Un multiplexeur de sortie 30 permet d'aiguiller les résultats des opérations effectuées par l'unité 10,

15 mémorisés ou non par la mémoire 25 ou les accumulateurs 27, dans les mémoires 15 et 16. Pour cela, il est prévu une ligne à plusieurs fils BUSZ connectée d'une part à la sortie du multiplexeur 30 et d'autre part aux registres d'entrée 31 et 32 affectés respectivement aux mémoires 15 et 16. En outre, il est prévu deux registres de sortie

20 supplémentaires 33 et 34 pour les mémoires 15 et 16 afin d'établir une connexion entre leur sortie et les lignes BUSY et BUSX respectivement.

Il convient de bien remarquer que l'on a prévu une ligne de connexion directe entre la sortie de l'ensemble d'accumulateurs 27 et

25 l'entrée d'opérande B de l'unité 10 en passant par le multiplexeur 21. Grâce à cette ligne de connexion, on peut effectuer d'une manière avantageuse les opérations d'accumulation. En effet le nombre contenu dans l'ensemble 27 est transmis à l'entrée de l'unité 10 sans utiliser les lignes BUSX, BUSY ou BUSZ.

30 Tout le fonctionnement de processeur de la figure 1 est régi par une succession d'instructions contenues dans une mémoire-programme 50 adressée par un compteur-programme 52. Les instructions en _____

cours d'exécution sont emmagasinées dans un registre d'instructions 54 dont les sorties sont reliées à une ligne BUSI à plusieurs fils (dans cet exemple 32). C'est à partir de cette ligne BUSI qu'il est possible d'élaborer les signaux CS1 et CS2 au moyen de deux décodeurs 55 et 56 pour reconnaître si les mémoires 15 et 16 sont impliquées ou non par l'instruction transmise par cette ligne BUSI.

Le fonctionnement du processeur de la figure 1 s'effectue au rythme d'un dispositif d'horloge 60.

Le processeur de l'invention, pour effectuer suivant différents modes (notamment mode de simple précision, de double précision d'opérations complexes), est pourvu de moyens inclus notamment dans le dispositif d'horloge 60 pour engendrer des phases de traitement (00, 01, 02, 03 ...) déclenchées par une instruction de déclaration de mode (voir figure 2) et de moyens (circuit de mode 62) pour fournir des indications de modes afin que les instructions suivantes soient exécutées dans le mode déclaré. Chaque phase 00, 01, 02, 03 a une durée de temps égale à TT. exécutées dans le mode déclaré. Chaque phase 00, 01, 02, 03 a une durée de temps égale à TT.

Ces signaux de phases sont transmis par un ensemble de fils repérés par 00-3.

L'instruction de déclaration de mode se caractérise par un code CI (11) placé aux emplacements binaires I0 et I1 ; aux emplacements I8 et I9 on trouve les éléments binaires qui définissent le mode.

I8 = 0	I9 = 1	mode simple précision
I8 = 1	I9 = 0	mode double précision
I8 = 1	I9 = 1	mode complexe.

Ainsi le circuit 62 au moyen d'un circuit de décodage et de circuits de mémorisation, non représentés, fournit sur un des fils SP, CX, DP connectés à sa sortie un signal logique permanent

de valeur logique "1". L'ensemble des fils SP, CX, DP est repéré par la référence MOD. Le circuit 60 fournit des signaux de rapport cyclique égal à 0,5 dont l'allure est montrée à la figure 3a lorsqu'on est en mode simple précision et à la figure 3b lorsqu'on est en mode complexe ou en mode double précision. On constate à la figure 3a que les signaux 00 sont identiques aux signaux 02, ces signaux confondus étant par la suite repérés par 002 ; de même les signaux 01 sont identiques aux signaux 03 , ces signaux confondus étant repérés par la suite par 013 ; les signaux 00, 02 sont en opposition de phase par rapport aux signaux 01 et 03 , la durée pendant laquelle ces signaux sont actifs étant égale à TT. Ce circuit 60 élabore les signaux WE pour les mémoires 15 et 16.

Pour le mode de double précision et en opérations complexes les signaux 00 à 03 , tous de rapport cyclique 0,25, sont tous déphasés d'une valeur égale à la durée TT pendant laquelle ils sont actifs.

Pour faire fonctionner en ces différents modes l'unité arithmétique et logique 10, on a prévu un circuit de gestion de code de commande et de retenue portant la référence 70 et un circuit de gestion de registre de statut, ce circuit de gestion de registre portant sur la figure 1 la référence 72 alors que le registre de statut porte la référence 74. Ce registre fournit sur les fils RTR et RTI des valeurs de retenue qui ont des significations différentes en fonction des modes.

Les circuits d'adressage 17 et 18 ont été munis de moyens pour réaliser les fonctions dans

les différents modes envisagés, ce qui est montré à la figure 4.

La référence 90 sur cette figure 4 représente un registre contenant l'adresse pour la mémoire 15 (16) ; ce registre 90 est chargé au moyen d'un circuit 92 connecté à la ligne BUSI non détaillé car non essentiel pour l'invention. Tous les éléments binaires contenus dans ce registre constituent le code d'adresse pour la mémoire 15 (16) dans le mode de simple précision alors que dans le mode complexe ou en double précision l'élément binaire de plus faible poids est remplacé par un signal d'horloge, en l'occurrence le signal fourni par une porte "OU" 96 recevant sur ses entrées les signaux 01 et 02. Un multiplexeur 94 à deux entrées dont une entrée est connectée à la position du registre 90 contenant l'élément de plus faible poids, dont l'autre entrée reçoit le signal 02 et dont la commande reçoit le signal SP permet de réaliser le changement d'adressage entre le mode simple précision d'une part, et les modes complexes et de double précision, d'autre part.

Ainsi, on peut adresser, en mode complexe, les opérandes réels et imaginaires disposés dans des adresses successives. Par exemple, les parties réelles sont disposées dans les adresses paires et les parties imaginaires dans les adresses impaires et cela, automatiquement. Il en est de même pour le mode double précision pour les poids faibles et les poids forts.

Avant de décrire plus en détail l'invention, on donne la constitution des instructions concernées par l'invention. Ces instructions se caractérisent par des codes initiaux CI1, CI2,

CI3 et CI4 disposés aux premières positions des instructions à titre indicatif. On donne ci-dessous, à titre indicatif, les différents codes numériques accompagnés d'un code mnémotechnique.

5 CI1 : 0 0 : OPIN
 CI2 : 1 0 0 : OPDI
 CI3 : 1 0 1 1 0 : OPIM
 CI4 : 1 0 1 1 1 : DECAL

10 Le tableau II donne la valeur des
 éléments binaires en I10 à I14 des différents
 CODALU possibles.

15

20

25

30

35

TABLEAU II

	Code mnémo	1	1	1	1	1	Remarques
		10	11	12	13	14	
5	CLR	0	0	0	0	0	$B + A/16$
	ADD	0	0	0	0	1	
	APB	0	0	0	1	0	
	APBC	0	0	0	1	1	
	AMB	0	0	1	0	0	
10	AMBC	0	0	1	0	1	$A - B = A + \overline{B} + 1$
	BMA	0	0	1	1	0	
	BMAC	0	1	0	0	0	
	DLD	0	0	1	1	1	
	DAD	0	1	1	1	1	
15	DLG	1	1	0	1	1	Décalage logique à droite
	DAG	0	1	0	1	1	
	ROD	1	0	1	1	1	
	LOU	0	1	1	0	1	
	LET	0	1	1	1	0	
20	XOU	0	1	1	0	0	OU logique
	TRA	1	0	1	0	0	
	TRB	1	0	1	0	1	
	CMP	1	0	1	1	0	
	STA	0	1	0	0	1	
25	DLD8	1	1	0	1	0	transfert du bus BUSX dans le registre 74
	DLG8	1	1	0	0	1	
	CD1	1	0	0	0	0	
	CD2	1	0	0	0	1	
	CD3	1	0	0	1	0	
30	ADDC	0	1	0	1	0	commande de 10 par bus BUSX
	NOP	1	1	1	1	1	

addition conjuguée (mode complexe)

Le circuit de gestion de code de commande et de retenue 70 montré en détail à la figure 6 permet l'exécution des opérations montrées dans le tableau III ci-dessous.

TABLEAU III

Code mnémo	Mode simple précision	Mode complexe		Double précision	
		$\text{Re}(A) + [\text{Re}(B)/16]$ $\text{Re}(A) + \text{Re}(B)$ $\text{Re}(A) + \text{Re}(B)$ $\text{Re}(A) + \text{Re}(B) + 1$ $\text{Re}(A) + \text{Re}(B) + 1$ $\text{Re}(A) + \text{Re}(B) + 1$ $\text{Re}(A) + \text{Re}(B) + \text{RTR}$ $\text{Re}(A) + \text{Re}(B) + \text{RTR}$ $\text{Re}(A) + \text{Re}(B)$ $\text{Re}(A) \cdot \text{Re}(B)$ $\text{Re}(A) \oslash \text{Re}(B)$ $\text{Re}(A)$ $\text{Re}(B)$ $\text{Re}(B)$	$\text{Im}(A) + [\text{Im}(B)/16]$ $\text{Im}(A) + \text{Im}(B)$ $\text{Im}(A) - \text{Im}(B)$ $\text{Im}(A) + \text{Im}(B) + 1$ $\text{Im}(A) + \text{Im}(B) + 1$ $\text{Im}(A) + \text{Im}(B) + 1$ $\text{Im}(A) + \text{Im}(B) + \text{RTI}$ $\text{Im}(A) + \text{Im}(B) + \text{RTI}$ $\text{Im}(A) + \text{Im}(B)$ $\text{Im}(A) \cdot \text{Im}(B)$ $\text{Im}(A) \oslash \text{Im}(B)$ $\text{Im}(A)$ $\text{Im}(B)$ $\text{Im}(B)$	$F(A) + F(B)/16$ $F(A) + F(B)$ $F(A) + F(B)$ $F(A) + F(B) + 1$ $F(A) + F(B) + 1$ $F(A) + F(B) + 1$ $F(A) + F(B) + \text{RTR}$ $F(A) + F(B) + \text{RTR}$ $F(A) + F(B)$ $F(A) \cdot F(B)$ $F(B) \oslash F(B)$ $F(A)$ $F(B)$ $F(B)$	
CLR	0				
ADU	$A + B/16$				
APB	$A + B$				
ADUC					
AI/B	$A + B + 1$				
BI/A	$A + B + 1$				
AI/BC	$A + B + R$				
BI/AC	$A + B + R$				
APBC					
LQI	$A + B$				
LÉT	$A \cdot B$				
XOI	$A \oslash B$				
TRA	A				
TRB	B				
CI#	B				
DLD					
DAD					
DLG					
DAG					
ROD					
DLD8	Id à DLD mais 8 bits				
DLG8	Id à DLG 8 bits				
RIOP	aucune opération				

Re(A) : partie réelle de A qui survient avant la partie imaginaire de A : Im(A) à l'entrée d'opérande A
 F(A) : partie de fort poids de A qui survient après la partie de faible poids de A : f(A) à l'entrée d'opérande A
 - - - Id pour Re(B), Im(B), F(B) et f(B)
 RTR : retenue pour partie réelle, aussi utilisée pour le mode simple et double précision.
 RTI : retenue pour partie imaginaire

Le code d'entrée à traiter par le circuit 70 provient soit de la ligne BUSI soit de la ligne BUSX par l'intermédiaire d'un registre 99.

Cependant le code provenant de la ligne BUSX est soumis à la dépendance du code CODALU provenant de la ligne BUSI. Ces codes CODALU sont décodés par un circuit de décodage 100 (figure 6) suivi par un registre 101 pour fournir à l'instant fixé par le signal Ø1 le résultat du décodage (soit les signaux F1, F2 et F3). Ce circuit 100 a pour but de décoder les codes CODALU suivants.

TABLEAU IV

CODALU	Opération
CD1	chargement de 99 et exécution définie par le contenu du registre 99 précédent.
CD2	pas de chargement de 99 et exécution définie par le contenu du registre 99 précédent.
CD3	chargement de 99 et aucune exécution (NOP)

Le signal F3 est à l'état 1 lorsqu'on a affaire aux CODALU : CD1 et CD3. Ce signal rend passante une porte ET 105 pour que les informations véhiculées par la ligne BUSX soient emmagasinées dans le registre 99 lorsque le signal Ø2 appliqué à l'autre entrée de la porte 105 devient actif. Les signaux F1 et F2 agissent sur la commande d'un multiplexeur 100 à trois entrées E1, E2 et E3. A l'entrée E1 est connecté le faisceau de sorties du registre 99, à l'entrée E2 sont appliqués en permanence des signaux correspondant au code "nop" signifiant que l'on désire qu'aucune opération ne soit effectuée par

l'unité 10 et à l'entrée E3 sont connectés les
fils de la ligne BUSI correspondant aux positions
I10 à I14 des instructions. Ainsi pour le code
CODALU = CD1 il y aura une connexion entre E1 et la
5 sortie S du multiplexeur 110, pour le CODALU = CD2
il y aura une connexion entre E1 et la sortie S du
multiplexeur 110, pour le CODALU = CD3 une
connexion entre E2 et la sortie S du multiplexeur
110 et pour CODALU \neq CD1, CD2 et CD3 la connexion
10 entre E3 et S est effectuée.

Les différents codes à la sortie du
multiplexeur 110 sont ensuite décodés par un
décodeur 120 qui fournit des signaux sur différentes
sorties S0 à S7. Ces signaux S0 à S7 sont
15 appliqués à un registre 122 de type "bascule 0"
recevant sur son entrée horloge un signal Ø1.

Aux signaux présents sur les sorties S0
à S7, le registre fait correspondre des signaux à
ses sorties SL0 à SL7.

20 Le code appliqué à l'entrée K de l'unité 10
est constitué des signaux présents à la sortie
d'une porte OU 128 à deux entrées et aux sorties
SL1 à SL4. Une entrée de la porte OU 128 reçoit
le signal disponible à la sortie SL0 et l'autre
25 reçoit le signal de sortie d'une porte ET 130 à
deux entrées dont l'une reçoit le signal SL5 et
l'autre le signal de sortie d'une porte OU 132 ;
cette porte OU 132 reçoit sur ses deux entrées les
signaux Ø0 et Ø3 respectivement. Les signaux
30 appliqués à l'entrée K sont appelés signaux
S0', S1', S2', S3', S4'.

Le circuit décodeur 125 assure la gestion
de la retenue pour l'entrée RE de l'unité 10, il
reçoit les signaux SL5, SL6, SL7 et les signaux
35 RTR et RTI issus du registre de statut 74 et le
signal MOD.

Si on appelle SI0, SI1, SI2, SI3 et SI4 le code appliqué au circuit 120, celui-ci est câblé pour faire les opérations suivantes :

$$S0 = SI0$$

5 $S1 = SI1$

$$S2 = SI2$$

$$S3 = SI3$$

$$S4 = SI4$$

10 C'est-à-dire que ces bits sont pratiquement transmis directement au circuit 10.

Le signal S5 n'est actif que dans le mode complexe et seulement pour l'opération $A + B^*$. B^* représente la valeur conjuguée de B, le code mnémotechnique CODALU est ADDC et le mot binaire correspondant (0 1 0 1 0) donc :

$$S5 = \overline{I10}.I11.\overline{I12}.I13.\overline{I14}$$

20 Le signal S6 est actif lorsque le code CODALU implique la participation d'une retenue, c'est-à-dire les codes AMB, BMA, APBC, BMAC, APBC et ADDC.

Le signal S7 est actif pour les codes CODALU impliquant la retenue "1" c'est-à-dire les codes AMB, BMA.

25 Le circuit de gestion de retenue 125 qui est formé par un réseau logique programmable et qui est connecté aux fils RTR, RTI, MOD et Ø0-3 peut être facilement programmé, tout comme le circuit 120, à l'aide des tableaux ci-dessous. Il est
30 entendu que RTR transmet la valeur de la retenue en mode simple précision et double précision et la valeur de la retenue réelle en mode complexe et que RTI transmet la valeur de la retenue imaginaire en mode complexe.

TABLEAU V
MODE SIMPLE PRECISION

	Code MNEMO	Retenue en RE	Code en K	Remarques
5	CLR	0	clr	opération interdite
	ADD	0	add	
	APB	0	apbc	
	ADDC	-	-	
	AMB	1	ambc	
10	BMA	1	bmac	
	AMBC	RTR	ambc	
	BMAC	RTR	bmac	
	APBC	RTR	apbc	
	LOU	0	lou	
15	LET	0	let	
	XOU	0	xou	
	TRA	0	tra	
	TRB	0	trb	
	CMP	0	cmp	
20	DLD	0	dld	
	DAD	0	dad	
	DLG	0	dlg	
	DAG	0	dag	
	ROD	0	rod	
25	DLD8	0	dld8	
	DLG8	0	dlg8	
	NOP	0	nop	

TABLEAU VI
MODE DOUBLE PRECISION

	Code MNEMO	Retenue en RE		Code en K		Remarques
		01+02	00+03	01+02	00+03	
5	CLR			+ clr +		opération interdite
	ADD			+ add +		
	APB	0	RTR	+ apbc +		
	ADDC	-	-	- -		
10	AMB	1	RTR	+ amb +		
	BMA	1	RTR	+ bma +		
	AMBC	RTR	RTR	+ ambc +		
	BMAC	RTR	RTR	+ bmac +		
	APBC	RTR	RTR	+ apbc +		
15	LOU	0	0	+ lou +		
	LET	0	0	+ let +		opérations non prévues dans le mode double précision
	XOU	0	0	+ xou +		
	TRA	0	0	+ tra +		
	TRB	0	0	+ trb +		
20	CMP	0	0	+ cmp +		
	DLD					
	DAD					
	DLG					
	DAG					
30	ROD					
	DLD8					
	DLG8					
	NOP	0	0	+ nop +		

TABLEAU VII
MODE COMPLEXE

5

10

15

20

25

Code MNEMO	Retenue en RE		Code en K		Remarques
	01+02	00+03	01 + 02	00 + 03	
CLR	0	0	clr	clr	voir porte 128
ADD	0	0	add	add	
APB	0	0	apbc	apbc	
ADDC	0	1	apbc	bmac	
AMB	1	1	ambc	ambc	
BMA	1	1	bmac	bmac	
AMBC	RTR	RTI	ambc	ambc	
BMAC	RTR	RTI	bmac	bmac	
APBC	RTR	RTI	apbc	apbc	
LOU	0	0	lou	lou	
LET	0	0	let	let	
XDU	0	0	xou	xou	
TRA	0	0	tra	tra	
TRB	0	0	trb	trb	
CMP	0	0	cmp	cmp	
DLD	0	0	dld	dld	
DAD	0	0	dad	dad	
DLG	0	0	dlg	dlg	
DAG	0	0	dag	dag	
ROD	0	0	rod	rod	
DLD8	0	0	dld8	dld8	
DLG8	0	0	dlg8	dlg8	
NOP	0	0	nop	nop	

La figure 7 montre en détail le registre de statut 74 ainsi que son circuit de gestion 72. Les données de l'état de statut proviennent de l'unité 10. Ces données sont, on le rappelle "sr", "rt", "z", "ovf", "mov", "aov". Ces différentes données doivent être stockées dans des bascules 151, 152, ... 158 judicieusement en fonction du mode de fonctionnement. Pour que les données soient enregistrées il faut qu'un signal soit appliqué à leur entrée d'horloge ; ce signal est fourni par les portes OU 161 à 168, toutes munies de deux entrées. Les premières entrées de ces portes OU sont reliées à la sortie d'une porte ET 170 à deux entrées faisant partie du circuit de gestion 72. Une de ces entrées reçoit le signal Ø2 et l'autre entrée reçoit le signal de sortie d'un circuit décodeur 180 qui, connecté à la ligne BUSI fournit un signal de sortie actif lorsque dans les instructions du type montré à la figure 5 on trouve le code STA à l'emplacement CODALU (voir Tableau II). Le signal de sortie du circuit décodeur 180 est appliqué en outre à la commande d'un multiplexeur 182 à deux entrées ; une de ses entrées est reliée à la ligne BUSX, de sorte que le signal actif à la sortie du circuit décodeur 180 branche les entrées de données des bascules 151 à 158 sur la ligne BUSX et les données transmises par celle-ci sont alors emmagasinées dans lesdites bascules.

L'autre entrée du multiplexeur 182 est connectée à la sortie de statut ST de l'unité 10 par l'intermédiaire d'un circuit logique 190. Ce circuit logique 190 fournit aussi des signaux B1 à B8 pour les deuxième entrées des portes OU 161 à 168. Ce circuit logique 190 reçoit les informations

provenant de la ligne BUSI, les signaux d'horloge 00-3 et l'information de mode de fonctionnement MOD. A ce circuit logique sont associées des bascules 195, 196, 197 et 198.

5 Le circuit logique 190 peut être facilement conçu à partir des considérations suivantes :

A) en mode simple précision :

- "sr" à la sortie ST est chargé dans la bascule 151 (SR) par un front de 03 pour tous les codes CODALU sauf NOP, CD3, STA ;
- 10 - il y a interdiction de chargement pour la bascule 152 (SI) ;
- "rt" à la sortie ST est chargé dans la bascule 153 (RTR) par un front de 03 pour tous les codes CODALU sauf NOP, CD3, STA ;
- 15 - il y a interdiction de chargement pour la bascule 154 (RTI) ;
- "z" à la sortie ST est chargé dans la bascule 155 (Z) par un front montant de 03 pour tous les codes CODALU sauf NOP, CD3, STA ;
- 20 - "ov", "mov", "aov" sont chargés respectivement dans les bascules 156 (OV), 157 (MOV) et 158 (AOV) par un front montant de 03 sauf pour les codes NOP, CD3, STA.

25 B) en mode complexe :

- "sr" est chargé d'une part dans la bascule 151 (SR) par un front de 03 et d'autre part dans la bascule 152 (SI) par un front de 01 pour tous les codes CODALU sauf NOP, CD3, STA ;
- 30 - "rt" est chargé d'une part dans la bascule 153 (RTR) par un front de 03 et d'autre part dans la bascule 154 (RTI) par un front de 01 pour tous les codes CODALU sauf NOP, CD3, STA ;
- "ov", "mov", "aov" sont d'abord chargés
- 35 respectivement dans les registres 196, 197, 198

par la phase 03 , puis sur 01 on charge (0V + ov)
dans la bascule 156, (A0V + aov) dans la bascule
157 et (MOV + mov) dans la bascule 158.

- "z" est chargé dans la bascule 195 en 03 et le
5 signal de sortie Z est combiné avec le signal z
en 01 de sorte que la bascule 195 est chargée de
la valeur :

Z.z en 01

(la valeur "1" de Z indique ainsi que les valeurs
10 réelle et imaginaire sont toutes deux égales à 0).

C) en mode double précision :

- "sr" et "rt" sont chargés dans les bascules 151
(SR) et 153 (RTR) au front de 01 ;
- "ov", "mov" et "aov" le sont dans les bascules
15 156 (OV), 157 (MOV) et 158 (A0V) au front de 01 ;
- pour "z" on utilise à nouveau la bascule 195
chargée d'abord en 03 par le zéro de faible poids,
puis le résultat de l'opération ET logique entre
le signal de sortie de cette bascule et la valeur
20 z de fort poids est chargé dans la bascule 195.

Les figures 8a et 8b représentent des
diagrammes temps montrant le déroulement de
l'exécution d'instruction en mode simple précision
en a et en mode complexe et de double précision
25 en b.

Dans le cas du mode simple précision,
l'instruction Jn survient à l'instant t_0 , cette
instruction provenant de la mémoire-programme 50
affectée à une adresse "n" donnée par le contenu
30 du compteur programme 52 ; cette adresse était
engendrée à l'instant t_{-1} survenant avant
l'instant t_0 . Dès l'instant t_0 des données sont
transmises sur les lignes BUSX et BUSY pendant
toute la phase 00-2. Pendant la phase 013 qui
35 suit, ainsi que d'ailleurs durant toutes les phases

013, les lignes BUSX et BUSY ne sont pas disponibles et sont mises à l'état de précharge. L'instruction Jn implique des opérandes On qui sont transmis par les lignes BUSX et BUSY à l'instant t1 début d'une phase 002. Le résultat SAn de l'opération commandée par l'instruction Jn se retrouve dans le registre SALU de sortie de l'unité 10 à l'instant t2. L'instruction Jn peut aussi impliquer des transferts d'informations disponibles à la sortie du multiplexeur 30 vers les mémoires 15 et 16. Les données Zn sont alors transférées dès l'instant t3 début d'une phase 013 ; c'est pendant les phases 013 que la ligne BUSZ est disponible, la phase 002 étant occupée par l'état de précharge. A la figure 8, on a représenté un signal WE qui définit l'écriture des mémoires 15 et 16. Ces mémoires sont mises en lecture ou en écriture dans un cycle d'instruction. Le fonctionnement peut donc être résumé de la façon suivante :

Le compteur-programme 52 est incrémenté au début de chaque instruction pour préparer l'adresse de l'instruction suivante (n + 1) et adresser la mémoire-programme en parallèle avec l'exécution de l'instruction Jn. Les opérandes sources de l'instruction Jn sont disponibles au cycle suivant et l'opérande arithmétique et logique de l'instruction Jn s'effectue aussi au cycle (n + 1).

Il en découle que la donnée sauvegardée par la ligne BUSI à l'instruction Jn est le résultat d'un calcul précédent. Il existe donc 3 niveaux de pipe-line dans le processeur et 3 opérations sont faites simultanément :

- l'incrémentation du compteur-programme 52 pour l'instruction Jn + 1,

- la recherche des opérandes de l'instruction Jn
- et l'opération de l'unité 10 demandée par l'instruction J(n - 1).

5 Le fonctionnement du processeur en modes complexe et double précision est expliqué à la figure 8b.

10 Les lignes BUSX et BUSY transmettent des informations durant les phases 00 et 02 alors que la ligne BUSZ les transmet durant les phases 01 et 03. On suppose qu'à l'instant t10 apparaît une instruction JIn qui doit être exécutée dans le mode complexe ou double précision. Cette instruction fait apparaître en t11 sur les lignes BUSX et BUSY des informations ORn qui représentent les parties
15 réelles des opérandes dans le mode complexe ou la partie de poids faible dans le mode double précision ; puis pendant la phase 00 qui suit débutant à l'instant t12 les lignes BUSX et BUSY transmettent les parties imaginaires ou les forts
20 poids selon le mode complexe ou double précision.

Il convient de bien remarquer que le code d'adresse des mémoires 15 et 16 change. L'élément binaire de faible poids est modifié par le signal de sortie de la porte 96 (voir figure 4) de sorte
25 que le code d'adresse n'est pas le même pendant deux phases 02 et 00 consécutives. Le registre de sortie SALU de l'unité 10 fournit à l'instant t13 le résultat de l'opération sur les parties réelles ou sur les poids les plus faibles pendant la phase
30 03 et à l'instant t14 les parties imaginaires et les forts poids pendant la phase 01.

La ligne BUSZ transmet les parties réelles ou les faibles poids pendant la phase 01 qui débute à l'instant t15, cette transmission étant ordonnée
35 par l'instruction JIn ; les parties imaginaires et

les forts poids sont transmis pendant la phase 03 débutant à l'instant t13. Les différentes mémoires 15 et 16 sont mises en lecture ou en écriture dans un cycle d'instruction (le signal WE autorise l'écriture des données dans la mémoire).

5 Le fonctionnement en modes complexe et double précision ressemble beaucoup au mode simple précision, à la différence suivante : la recherche des parties réelles ou de faible poids pour l'instruction JIn s'effectue en même temps que le calcul des parties imaginaires ou de fort poids de l'instruction JIn-1.

10 La figure 9 montre un exemple de réalisation préféré d'un processeur conforme à l'invention. Ce mode de réalisation diffère de celui déjà décrit par la présence d'un dispositif de multiplication 250 fonctionnant avec l'unité 10 en "PIPE-LINE". Ce dispositif 250 est muni de deux entrées 252 et 253 pour opérandes à 16 bits connectées aux lignes BUSX et BUSY. La sortie 254 du dispositif 250 est
15 reliée à l'une des deux entrées d'un multiplexeur 255 dont la sortie est reliée à l'entrée d'opérande A de l'unité 10 ; la deuxième entrée de ce multiplexeur est reliée à la ligne BUSX.

 La ligne de connexion directe entre la sortie de l'ensemble 27
20 et l'entrée B de l'unité 10 en passant par le multiplexeur 21 est particulièrement avantageuse pour effectuer des opérations d'accumulation en coopération avec le dispositif de multiplication 250. Les accumulations peuvent alors avoir lieu tout en lançant des multiplications avec des multiplicandes et des multiplicateurs transmis par les lignes BUSX et
25 BUSY.

 La figure 10 montre en détail la structure des dispositifs de multiplication 250. Ils sont constitués à partir d'un organe de multiplication 260 formé de quatre sous-organes de multiplication 261, 262, 263 et 264 ; ces sous-organes effectuent des opérations de multiplication sur un premier opérande de 16 bits appliqué à leurs entrées
30 EMA1, EMA2, EMA3 et EMA4 respectivement avec un deuxième opérande de 4 bits appliqué à leur entrée EMB1, EMB2, EMB3 et EMB4 respectivement ; ces sous-organes 261 à 264 sont de conception classique et il n'y a

pas lieu de les décrire en détail ; cependant si l'on veut, on peut se reporter à l'ouvrage de M. BELLANGER intitulé "Traitement numérique du signal" édité par MASSON et plus précisément aux pages 343 et 344.

L'entrée EMA1 est reliée à la sortie d'un multiplexeur 270 à deux entrées pour signaux à 16 bits. L'entrée EMA1 est reliée aux 16 fils de sortie de ce multiplexeur commandé par un signal MUX1. L'entrée EMB1 est aussi reliée à la sortie d'un multiplexeur 272 commandé par un signal MUX2, muni de deux entrées pour signaux de 16 bits mais ici l'entrée EMB1 est reliée à 4 fils de sortie de ce multiplexeur ; ces 4 fils transmettent les bits de poids faible du nombre disponible à la sortie du multiplexeur 272. L'entrée EMB2 reçoit les 4 bits de poids plus élevé de ce nombre par l'intermédiaire d'un organe de retard 275 amenant un retard TT, l'entrée EMB3 reçoit les 4 bits suivants par l'intermédiaire de deux organes de retard 276 et 277 amenant chacun un retard TT et l'entrée EMB4 les quatre derniers bits de poids les plus élevés par l'intermédiaire de trois organes de retard 278, 279 et 280 amenant eux aussi un retard TT. Les entrées EMA2, EMA3 et EMA4 sont reliées respectivement aux sorties d'organes de retard 281, 282 et 283 montés en cascade à la sortie du multiplexeur 270 ; ces organes amènent eux aussi chacun un retard TT.

Les sorties des organes de multiplication se scindent en deux parties, une partie appelée PL1, PL2, PL3 et PL4 pour respectivement chacun des sous-organes de multiplication ; ces parties PL1 à PL4 transmettent 4 bits de poids faible issus de ces sous-organes et forment ensemble les

16 bits de poids faible Pr15 à Pr0 résultat de la multiplication. Il faut cependant noter la présence d'organes de retard 285, 286 et 287 pour la partie PL1, 288, 289 pour PL2 et 290 pour PL3, chacun de ces organes amenant un retard TT. Les autres sorties de la seconde partie sont appelées PM1, PM2, PM3 et PM4 pour chacun des sous-organes 261, 262, 263 et 264. Ces sorties transmettent 16 bits. Les signaux de sortie PM1, PM2, PM3 sont appliqués aux sous-organes 262, 263 et 264 respectivement. Les sorties PM4 représentent les bits Pr31 à Pr16 de plus fort poids du résultat de la multiplication. Un multiplexeur 320 à deux entrées sélectionne soit les bits Pr31 à Pr16 il est en position "F", soit les bits Pr15 à Pr0 il est alors en position "f" ; cette sélection est fonction d'un signal de commande MUX3. La sortie de ce multiplexeur est reliée à l'une de deux entrées d'un multiplexeur 322 recevant un signal de commande MUX4 pour le mettre en position "0" ou "A", à un registre 324 dont la commande d'enregistrement reçoit un signal LRMT et enfin à l'une des deux entrées d'un multiplexeur 325 recevant le signal SP de commande de position. L'autre entrée du multiplexeur 322 reçoit en permanence le nombre "0" sur 16 bits ; en position "0" ce nombre "0" apparaît à sa sortie alors qu'en position "A" c'est le nombre issu du multiplexeur 320 qui y est présent. Les sorties du multiplexeur 322 et du registre 324 sont reliées aux entrées (-) et (+) respectivement d'un organe d'addition-soustraction 326 muni d'une commande recevant un signal "+/-" pour le mettre soit en position d'addition soit en position de soustraction, c'est-à-dire qu'au

nombre présent à la sortie du registre 324 on soustrait le nombre présent à la sortie du multiplexeur 322. La sortie de cet organe 326 est reliée d'une part par l'intermédiaire du
5 multiplexeur 325 à un registre 328 recevant un signal de commande d'enregistrement LPR et d'autre part à un registre 330 recevant un signal de commande d'enregistrement LPI. Les sorties de ces registres sont reliées aux deux entrées d'un
10 multiplexeur 335 muni d'une commande recevant un signal MUX5 pour le mettre soit en position "R" et sa sortie est en relation avec le registre 328, soit en position "I" et sa sortie est en relation avec le registre 330. La sortie du multiplexeur
15 335 constitue la sortie 254 de l'organe de multiplication 250.

Avant d'être traités par l'organe de multiplication les opérandes aux entrées 252 et 253 transitent dans des séries de registres.
20 L'entrée 252 est reliée d'une part à un registre 350 et d'autre part à un ensemble de deux registres 352 et 354 montés en cascade ; Les registres 350 et 352 reçoivent respectivement les signaux de commande d'enregistrement issus d'une
25 porte "ET" 355 et d'une porte "ET" 356. Le signal de commande d'enregistrement du registre 352 est un signal LaT. La porte ET 355 reçoit sur ses entrées le signal 00 et un signal CRX' tandis que la porte ET 356 reçoit le signal 03 et un
30 signal CRX.

Les sorties des registres 350 et 354 sont reliées aux deux entrées du multiplexeur 270 commandé par le signal MUX1 pour le mettre en position "a" ou en position "b". En position "a"
35 la sortie du multiplexeur est reliée au registre

354 et en position "b" cette sortie est reliée au registre 350. De la même manière l'entrée 253 est reliée d'une part à un registre 360 et d'autre part à un ensemble de deux registres 362 et 364 montés en cascade ; les registres 360, 362 reçoivent respectivement les signaux de commande d'enregistrement issus d'une porte "ET" 365 et d'une porte "ET" 366. Le signal de commande d'enregistrement du registre 362 est le signal LaT. La porte ET 365 reçoit sur ses entrées le signal 00 et un signal CRY' tandis que la porte ET 366 reçoit le signal 03 et un signal CRY. Les sorties des registres 360 et 364 sont reliées aux deux entrées du multiplexeur 272. Ce multiplexeur 272 est commandé par un signal MUX2 pour le mettre en position "a" ou en position "b". En position "a" la sortie du multiplexeur est reliée au registre 364 et en position "b" au registre 360. Les différents signaux LaT, CRX, CRX', CRY, CRY', MUX1, MUX2, MUX1', MUX2', MUX3, MUX4, MUX5, "+/-", LPI et LPR sont élaborés au moyen d'un circuit de commande 380 et d'organes de retard 381, 382, 383 et 384. Ce circuit effectue les fonctions suivantes en fonction d'un code de commande de multiplication CMU. Ce code de commande de multiplication se trouve placé aux bits n° 20 et 21 d'une instruction de type OPIN caractérisée par les bits n° 0 et n° 1 égaux à "0". Le code CMU peut prendre quatre valeurs et le Tableau VIII en donne les différentes possibilités.

TABLEAU VIII

	CMU		
	I20	I21	
5	0	0	Les anciennes valeurs d'opérande sont conservées.
	1	0	L'opérande BUSX est enregistré, l'opérande BUSY ignoré.
	0	1	L'opérande BUSX est ignoré, l'opérande BUSY enregistré.
10	1	1	Les opérandes BUSX et BUSY sont enregistrés.

Le circuit de commande 380 fournit donc les différents signaux de commande en fonction des équations logiques suivantes :

$$\begin{aligned}
 \text{LaT} &= \emptyset 2 \\
 \text{CRX} &= \overline{\text{I0}} . \overline{\text{I1}} . \text{I20} \\
 \text{CRY} &= \overline{\text{I0}} . \overline{\text{I1}} . \text{I21} \\
 \text{MUX1}' &= \emptyset 0 + \emptyset 3 + \overline{\text{CX}} \\
 \text{MUX2}' &= \emptyset 0 + \emptyset 2 + \overline{\text{CX}} \\
 \text{MUX3} &= (\emptyset 0 + \emptyset 3) . \text{DP} \\
 \text{MUX4} &= \text{CX} \\
 \text{MUX5} &= \emptyset 1 + \emptyset 2 \\
 \text{"+/-"} &= (\emptyset 0 + \emptyset 3) . \text{CX} \\
 \text{LPI} &= \emptyset 3 . \overline{\text{SP}} \\
 \text{LPR} &= (\emptyset 1 . \overline{\text{SP}}) + (\emptyset 0 . \text{SP})
 \end{aligned}$$

Les organes 381, 382 sont des bascules de transfert qui agissent sur la phase $\emptyset 1$ pour retarder les signaux CRX et CRY afin de fournir les signaux CRX' et CRY'. Les organes 383 et 384 amènent un retard de $\text{TT}/2$ sur les signaux MUX1' et MUX2' afin de fournir les signaux MUX1 et MUX2. La valeur "1"

de MUX1 et MUX2 indique que la position "b" est considérée et la valeur "0" la position "a". La valeur "1" pour MUX3 indique que la position "F" est considérée, la valeur "0" la position "f".

5 La valeur "1" pour MUX4 indique que la position "0" est considérée et la valeur "0" la position "A". La valeur "1" de MUX5 indique que la position "R" est considérée et la valeur "0" la position "I". Lorsque "+/-" = 1 c'est le signe (-) qui est à
10 considérer et lorsque "+/-" = 0 c'est le signe (+).

Il est bon de préciser les caractéristiques des sous-organes 261, 262, 263 et 264.

Les sous-organes 261, 262 et 263 effectuent des opérations de 5 bits x 16 bits en complément à deux. Le bit de signe de l'opérande à 5 bits est
15 forcé à "0". Ces sous-organes fournissent 20 bits à leur sortie.

Le sous-organe 264 effectue des opérations de 4 bits x 16 bits en complément à deux avec
20 19 bits à la sortie. Si on appelle S et P les opérandes, les indices qu'on leur affecte représentent le rang des bits ; on peut donc écrire :

$$25 \left[(-S_0 + \sum_{i=1}^3 S_i 2^{-i}) + (2^{-4} \sum_{i=0}^3 S_{i+4} 2^{-i}) + (2^{-8} \sum_{i=0}^3 S_{i+8} 2^{-i}) + (2^{-12} \sum_{i=0}^3 S_{i+12} 2^{-i}) \right] \times \left[-P_0 + \sum_{i=1}^{15} P_i 2^{-i} \right]$$

P_0 et S_0 représentent les bits de signe. La première somme entre parenthèses concerne le sous-organe 264 et comporte donc 4 bits.

On notera la présence de registres tampons
30 401, 402, 403 intercalés entre les sous-organes 261 et 262, 262 et 263, et 263 et 264 ; ces organes sont activés par un signal H fourni par le circuit 60 ;

ce signal H présente une période égale à TT.

On examine tout d'abord le fonctionnement de l'organe de multiplication 250 dans le mode simple précision. Pour cela on se reporte aux figures 12 et 13.

Soit l'instant tt0 (figure 12) où apparaît sur la ligne BUSI une instruction Jn impliquant une multiplication. Les opérandes P et R apparaissent ensuite respectivement sur les lignes BUSX et BUSY à l'instant tt1, le signal aux sorties des portes 355 et 365 devient actif et les opérandes P et R se retrouvent à la sortie des multiplexeurs 270 et 272 convenablement aiguillés par les signaux MUX1 et MUX2. Le sous-
organe 261 commence aussitôt la première multiplication partielle avec l'opérande P et les 4 bits R3..0 de l'opérande R dont le résultat sort après un temps TT. Soit l'instant tt2 (figure 13) ; les bits de poids faibles Pr3...0 sont alors déjà calculés et apparaissent à la sortie PL1 (voir la case numérotée 261 à la figure 13). Cependant ce résultat ne sera rendu disponible qu'après un retard égal à la somme de chacun des retards des organes 300, 301 et 302.

A l'instant tt2 le sous-organe 262 commence la deuxième multiplication partielle. A l'entrée EMA2, se retrouve toujours l'opérande P et à l'entrée EMB2 les bits R7...4. Les bits Pr7...4 apparaissent après une période de temps TT. (voir la case 262, figure 13).

A l'instant tt3, aux entrées EMA3 et EMB3 se trouvent l'opérande P et les bits R11...8 de l'opérande R. Le résultat (bits Pr11...8) est fourni après le temps TT (case

263, figure 12).

A l'instant tt4, l'opérande P et les bits R15...12 se trouvent aux entrées EMA4 et EMB4 du sous-organe 264. Le résultat complet de la multiplication apparaît d'une part à la sortie PM4 du sous-organe de multiplication 264 et aux diverses sorties PL1, PL2, PL3, PL4 chacune étant raccordée à un nombre judicieux d'organe de retard. Mais il est à noter que dans le mode simple précision, seuls les éléments binaires Pr31...16 sont pris en considération. Pour cela le multiplexeur 320 reçoit le signal MUX3 qui le met dans une position telle que le registre 328 soit mis en communication avec la sortie PM4. A l'instant tt5, le signal LPR devient actif et le résultat de la multiplication est rendu disponible à la sortie 254 via le multiplexeur 335 mis en position "R" par le signal MUX5. Il convient de noter que, bien que la multiplication soit déclenchée par l'instruction Jn, son résultat n'est disponible que deux instructions plus loin soit pour l'instruction Jn+2. Ceci doit être pris en considération lors de la programmation du processeur de l'invention.

On examine maintenant le fonctionnement de l'organe de multiplication 250 dans le mode complexe. On propose donc d'expliquer la manière selon laquelle on effectue la multiplication :

$$(P + jQ) \times (R + jS)$$

dont le résultat est évidemment :

$$[(P \times R) - (Q \times S)] + j[(Q \times R) + (P \times S)]$$

Ceci implique qu'il faut donc effectuer quatre multiplication $P \times R$; $Q \times S$; $Q \times R$ et $P \times S$.

Pour cette explication on se reporte encore à la figure 13 et à la figure 14.

Il convient de signaler que les parties réelles transitent par les registres 352 et 354 et la partie imaginaire par le registre 350 en ce qui concerne un opérande. Pour l'autre opérande les parties réelles transitent par les registres 362 et 364 et la partie imaginaire par le registre 360.

A l'instant tt10 (figure 14) apparaît l'instruction JJn qui implique une multiplication dans le mode complexe. A l'instant tt11 les opérandes P et R sont disponibles sur les lignes BUSX et BUSY respectivement. Ces opérandes sont aussitôt emmagasinés dans les registres 352 et 362 ce qui est indiqué aux lignes portant les références (352) et (362) à la figure 14.

A l'instant tt12 distant d'un temps TT les opérandes P et R sont transférés du registre 352 ou 362 au registre 354 ou 364. Les multiplexeurs 270 et 272 étant déjà mis en position "a" par des signaux MUX1 et MUX2 de valeur convenable, la multiplication $P \times R$ est démarrée et se poursuit conformément à la figure 13 et au même rythme que dans le mode simple précision.

A l'instant tt13 apparaissent sur les lignes BUSX et BUSY les opérandes purement imaginaires jQ et jS. Ceux-ci sont emmagasinés dans les registres 350 et 360, la multiplication commence, les multiplexeurs 270 et 272 étant mis en position "b". Pour effectuer la multiplication $Q \times R$, le multiplexeur 272 est mis en position "a" à l'instant $tt13 + TT/2$ et pour effectuer la multiplication $P \times S$ le multiplexeur 272 est mis en position "a", le multiplexeur 270 restant en position "b". A l'instant tt15 peuvent apparaître de nouveaux opérandes P' et R' pour une

multiplication en mode complexe. Cette opération est commencée après un temps TT sans attendre que la multiplication précédente soit achevée.

5 A l'instant tt25, le résultat de la multiplication $P \times R$ est disponible aux sorties Pr31...16 des sous-organes de multiplication. Ce résultat est enregistré dans le registre 324, le multiplexeur 320 étant en position "F" durant toutes les opérations en mode complexe. A l'instant tt26
10 apparaît le résultat $Q \times S$, ce résultat est appliqué via le multiplexeur 322 à l'entrée négative de l'organe d'addition-soustraction qui a été mis en position de soustraction à l'instant tt25. L'information de sortie de cet organe
15 représente la quantité $PR - QS$ qui est la partie réelle de la multiplication. Ce résultat est emmagasiné dans le registre 328 à l'instant tt27. A cet instant tt27, les bits Pr31...16 représentent la quantité $Q \times R$ qui est enregistrée immédiatement
20 dans le registre 324, l'organe 325 est mis en position addition. Puis à l'instant tt28 la quantité $P \times S$ est calculée de sorte qu'à l'instant tt29 la partie imaginaire $j[(Q \times R) + (P \times S)]$ peut être emmagasinée dans le registre 330. Le
25 multiplexeur 335 rend disponibles à la sortie 254 la partie réelle contenue dans le registre 328 pendant les phases 01 et 02 et la partie imaginaire contenue dans le registre 330 pendant les phases 03 et 00.

30 Ainsi on se rend compte que le résultat d'une multiplication complexe déclenchée par l'instruction JJn est rendu disponible deux instructions plus tard à l'instruction JJn+2.

35 On explique pour finir le fonctionnement de l'organe de multiplication en mode double

précision. Dans ce cas les opérandes apparaissent systématiquement en deux fois sur 16 bits. Une première fois on transmet les bits de plus faible poids (p et r respectivement) et une deuxième fois les bits de plus fort poids (P et R respectivement). En fait, comme on le verra par la suite, l'organe de multiplication 250 ignore les parties de poids faibles et effectue l'opération sur les poids forts. Néanmoins le résultat (sur 32 bits) est fourni en sortie 254 en deux temps c'est-à-dire deux fois 16 bits. On notera que le bit de poids le plus faible n'est pas significatif et qu'en fait on ne considère que 31 bits.

A l'instant tt30 (voir figure 15) apparaît l'instruction JKn qui implique une opération de multiplication en double précision. A l'instant tt31 apparaissent sur les lignes BUSX et BUSY les poids faibles p et r des opérandes ; ceux-ci sont ignorés. Les poids forts P et R apparaissant sur ces mêmes lignes à l'instant tt32 sont enregistrés dans les registres 350 et 360 respectivement, le résultat attendu survient à l'instant tt33. Par une commande appropriée (MUX3) appliquée au multiplexeur 320 le registre 324 est mis en relation avec les poids faibles Pr15...0 du résultat de la multiplication. Les poids faibles y sont enregistrés puis ces mêmes poids faibles sont enregistrés dans le registre 328 à l'instant tt34. En ce même instant le multiplexeur 320 est mis dans son autre position c'est-à-dire la position "F" de sorte que le registre 324 puisse emmagasiner les poids forts Pr31...16. Ces poids forts sont ensuite enregistrés dans le registre 330 à l'instant tt35.

Pour rendre ces différentes données disponibles
à la sortie 254 le multiplexeur branche
périodiquement tour à tour la sortie 254
sur le registre 328 et 330. (instant tt33
et tt34).

5

De même que pour les autres modes, le
produit lancé à l'instruction JKn est disponible
deux instructions plus tard à l'instruction
JKn+2.

10

15

20

25

30

35

REVENDEICATIONS :

1. Processeur pour effectuer suivant différents modes le traitement de données transmises par au moins une ligne de données, en fonction d'instructions issues d'une mémoire-programme et mises
5 dans un registre d'instruction, le processeur comprenant des moyens pour engendrer des indications et phases de traitement déclenchées par une instruction de déclaration de modes pour que le traitement de données suivant soit exécuté dans le mode préalablement déclaré, caractérisé en ce qu'une ligne d'instructions est connectée au
10 registre d'instruction, en ce qu'un circuit de mode est connecté à la ligne d'instructions pour détecter une instruction de déclaration de mode incorporée dans des instructions emmagasinées dans la mémoire-programme et pour engendrer des signaux de mode transmis à un dispositif d'horloge, pour déclencher des signaux de phases de traitement
15 déterminés par le mode détecté et en ce que les signaux de mode et les signaux de phases de traitement sont transmis à un circuit de gestion de code de commande et de retenue, qui est connecté à la ligne d'instructions.
2. Processeur pour effectuer suivant différents modes le traitement de données selon la revendication 1 comportant une unité
20 arithmétique et logique accouplée éventuellement à une unité de décalage binaire, unités effectuant des opérations en fonction de mots de commande d'unités, caractérisé en ce que pour chaque instruction plus d'un mot de commande d'unité peut être engendré dans des phases de
25 traitement différentes.
3. Processeur pour effectuer suivant différents modes le traitement de données selon la revendication 2, caractérisé en ce que les mots de commande d'unités sont déterminés par des informations provenant de la ligne
30 d'instructions (BUSI).
4. Processeur pour effectuer suivant différents modes le traitement de données selon la revendication 2, caractérisé en ce que les mots de commande d'unités sont déterminés par des informations provenant d'une ligne de
35 données.

5. Processeur pour effectuer suivant
différents modes le traitement de données selon
l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en
ce qu'il est prévu en outre, un dispositif de
5 multiplication commandée au moyen d'un mot de
commande de multiplication.

6. Processeur pour effectuer suivant
différents modes le traitement de données selon
la revendication 5, caractérisé en ce qu'il
10 fonctionne en "PIPE-LINE", un compteur-programme
adressant l'instruction "n+1" alors que
l'instruction "n" est disponible à la sortie de
la mémoire-programme, l'unité arithmétique
et logique effectuant les calculs définis par
15 l'instruction "n-1".

7. Processeur pour effectuer suivant
différents modes le traitement de données selon
l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en
ce qu'il est prévu deux lignes de données
20 différentes (BUSX et BUSY) utilisées notamment
pour fournir des données aux entrées d'opérandes
desdites unités en provenance de mémoires de
travail.

8. Processeur pour effectuer suivant
25 différents modes le traitement de données selon
la revendication 7, caractérisé en ce qu'il
est prévu une troisième ligne de données (BUSZ)
utilisée notamment pour ranger dans les mémoires
de travail les données issues desdites unités.

9. Processeur pour effectuer suivant
30 différents modes le traitement de données selon
la revendication 8, caractérisé en ce qu'il est
prévu des moyens de connexion pour transférer
dans les mémoires de travail le contenu des
35 registres de statut au moyen de la troisième
ligne de données (BUSZ).

10. Processeur pour effectuer suivant
différents modes le traitement de données selon
l'une des revendications 1 à 9 comportant des
accumulateurs connectés en sortie de l'unité
5 arithmétique et logique, caractérisé en ce que
ces accumulateurs ont une capacité de données
dépendant des différents modes.
11. Processeur pour effectuer suivant
différents modes le traitement de données selon
10 l'une des revendications 1 à 10 comportant une
mémoire de type première donnée entrée, première
donnée sortie (mémoire FIFO) connectée en sortie
de l'unité arithmétique et logique.
12. Dispositif de multiplication convenant
15 pour un processeur selon l'une des revendications
1 à 11, caractérisé en ce qu'il comporte des
séries de registres d'entrée affectées chacune à
un opérande, prévues pour fournir les opérandes
en fonction du mode déclaré aux entrées d'un
20 organe de multiplication et pour fournir le
résultat de la multiplication, une série de
registres de sortie coopérant avec un organe
d'addition-soustraction mis en oeuvre notamment
dans le mode complexe.
- 25 13. Dispositif de multiplication selon la
revendication 12, caractérisé en ce que l'organe
de multiplication est formé d'une pluralité de
sous-organes de multiplication montés en cascade
et en ce qu'il est prévu des étages de retard
30 pour fournir aux différents sous-organes de
multiplication les opérandes et les résultats
intermédiaires.
14. Dispositif de multiplication selon la
revendication 12 ou 13, caractérisé en ce qu'il
35 est prévu des organes de commande pour que les

séries de registres fournissent des opérandes nouveaux à l'organe de multiplication ou des opérandes anciens ou alors un opérande nouveau et un opérande ancien.

- 5 15. Processeur pour effectuer, suivant un fonctionnement en pipe-line, le traitement de données provenant d'une pluralité de lignes communes de données, processeur comprenant au moins :
- 10 - une unité arithmétique et logique comportant deux entrées d'opérande pour pouvoir recevoir des données provenant de ces lignes communes de données,
- 15 - un ensemble d'accumulateurs muni d'une entrée connectée à la sortie de l'unité arithmétique et logique, caractérisé en ce qu'il comprend en outre pour effectuer des opérations d'accumulation :
- 20 - une ligne de connexion directe pour connecter la sortie de l'ensemble d'accumulateurs à l'une des entrées d'opérande de l'unité arithmétique et logique.
- 25 16. Processeur selon la revendication 15, caractérisé en ce que la ligne de connexion directe est connectée à la première entrée d'opérande de l'unité arithmétique et logique par l'intermédiaire d'un circuit multiplexeur dont une autre entrée est connectée
- 30 à une première ligne commune de données, tandis que la seconde entrée d'opérande de l'unité arithmétique et logique est connectée à une deuxième ligne commune de données, par l'intermédiaire d'un circuit multiplexeur dont une autre entrée est connectée à la sortie d'un dispositif de multiplication muni d'une première et d'une deuxième entrées qui sont respectivement connectées à ladite première et à ladite seconde lignes de données.

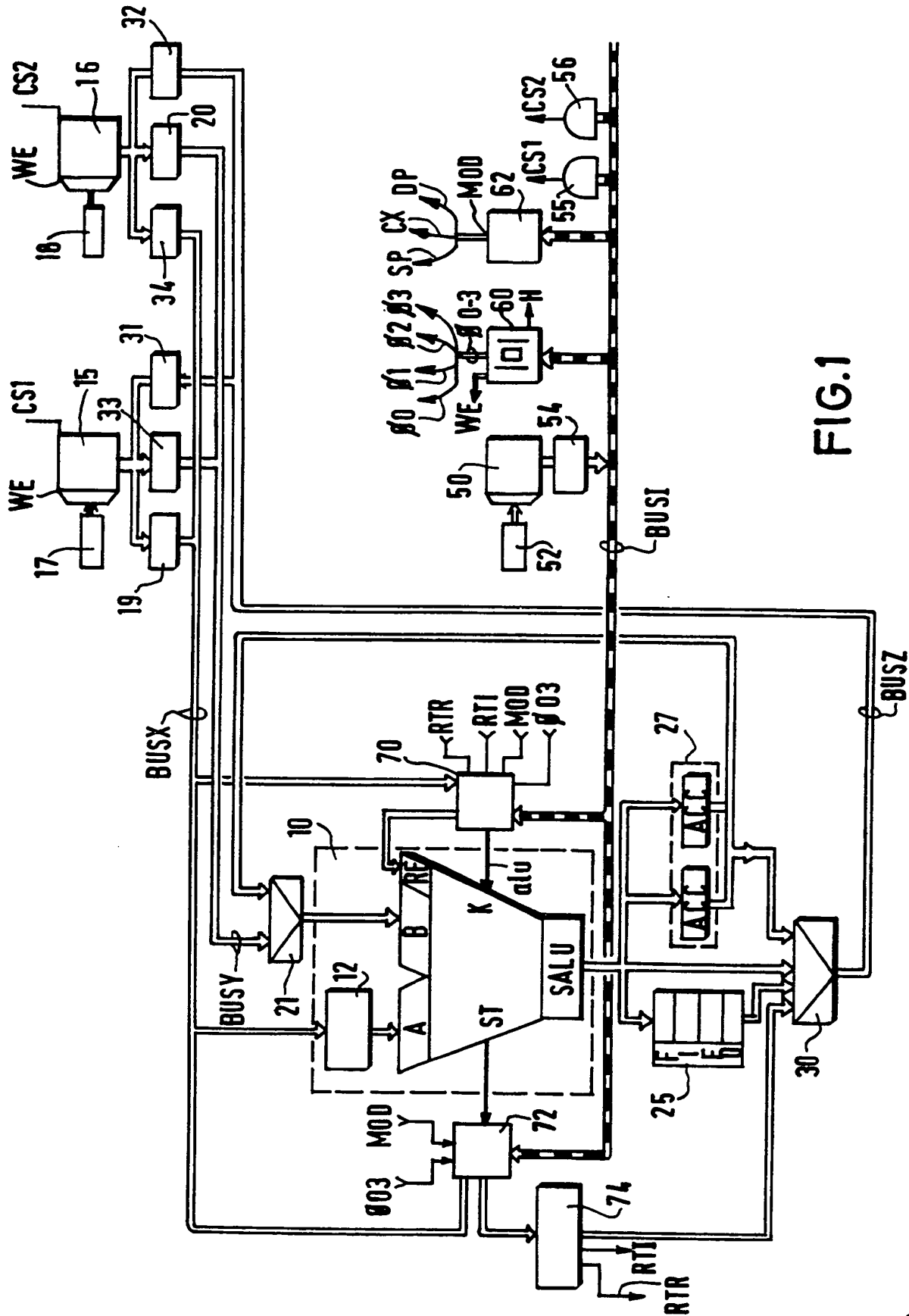


FIG. 1

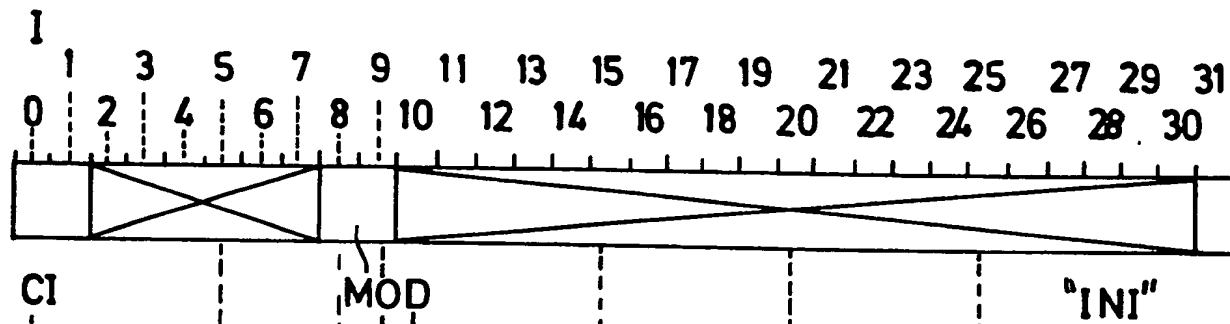


FIG.2

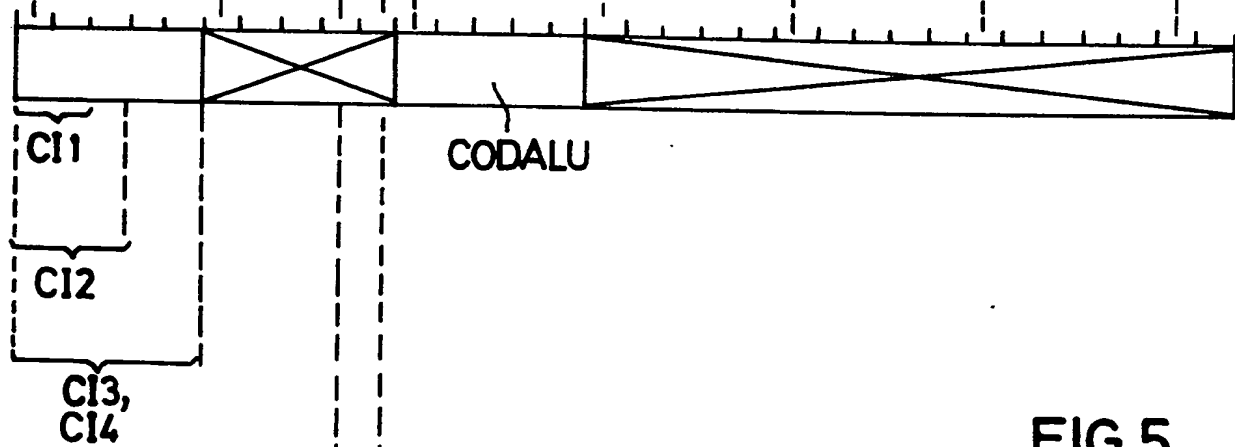


FIG.5

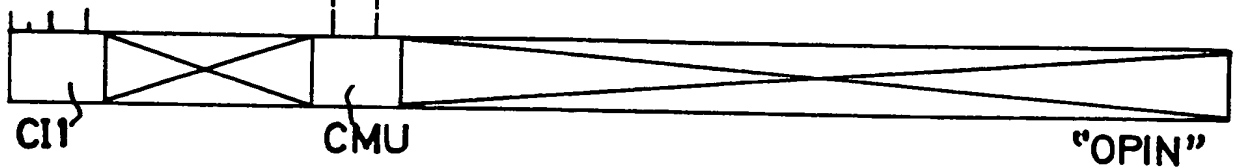
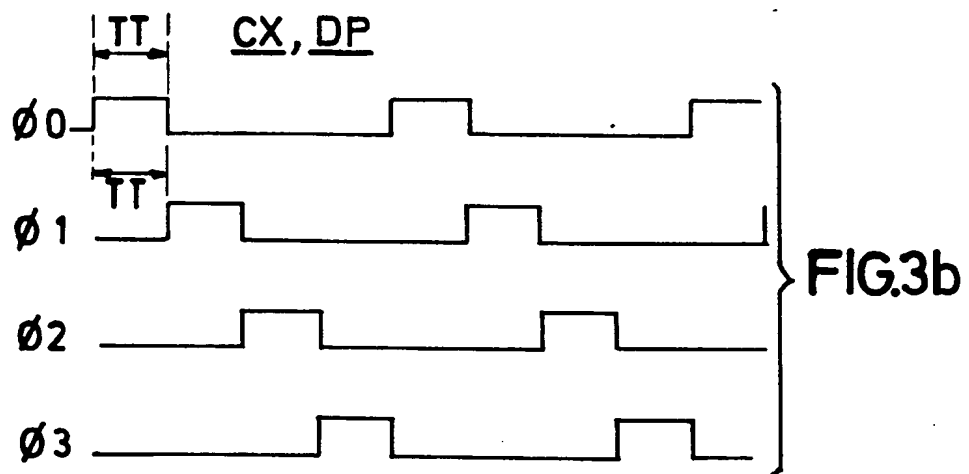
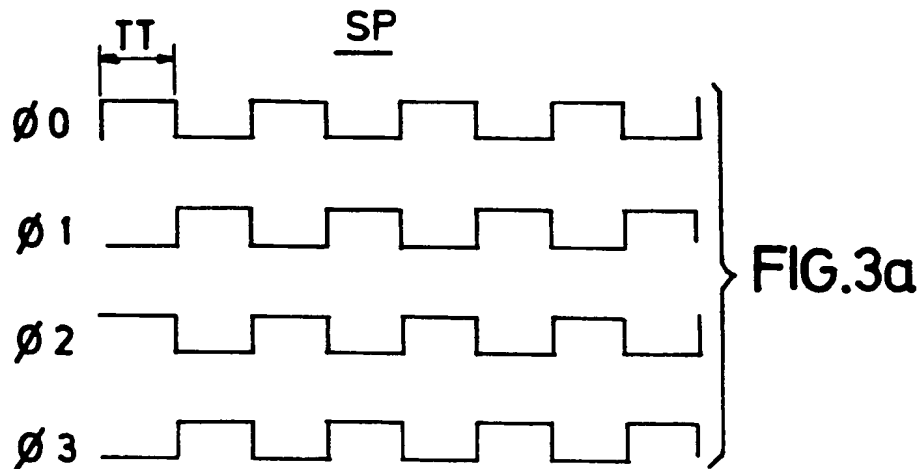


FIG.11



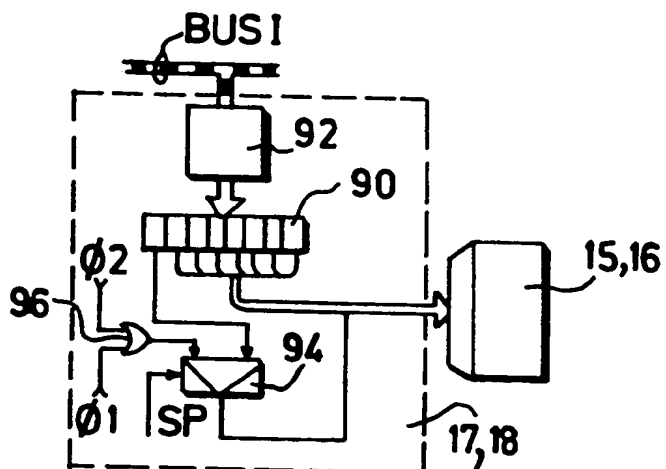


FIG.4

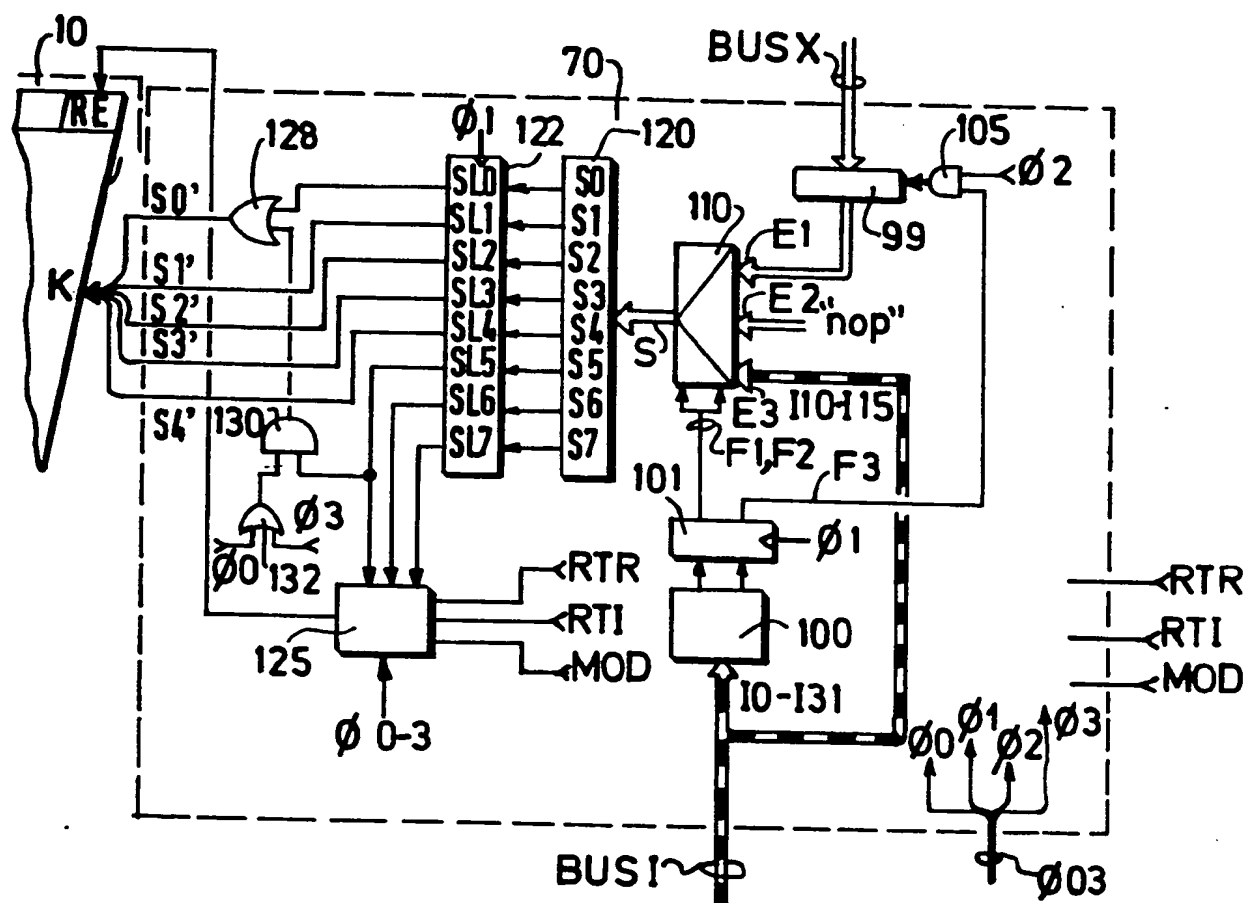


FIG.6

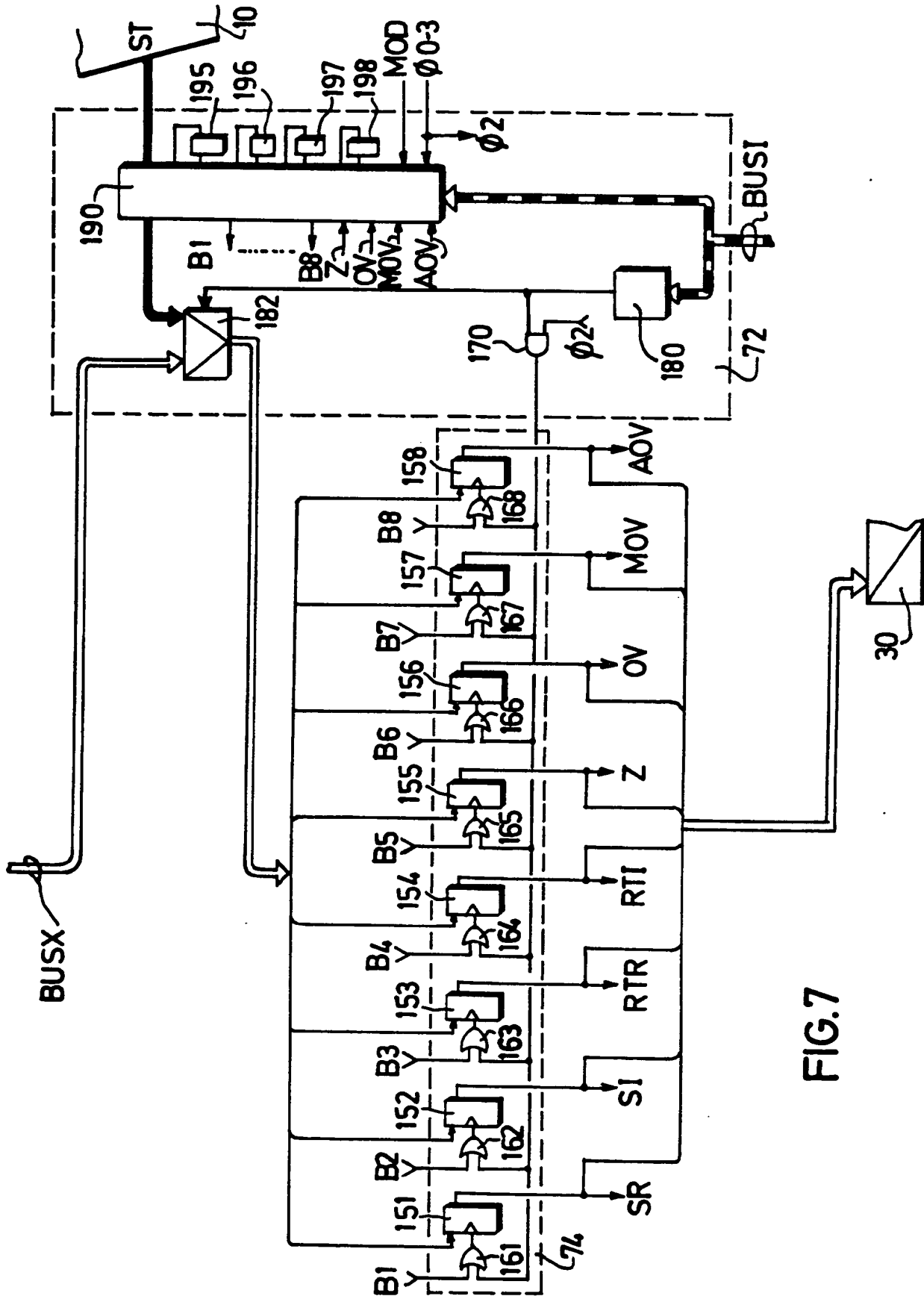


FIG. 7

6/12

0173383

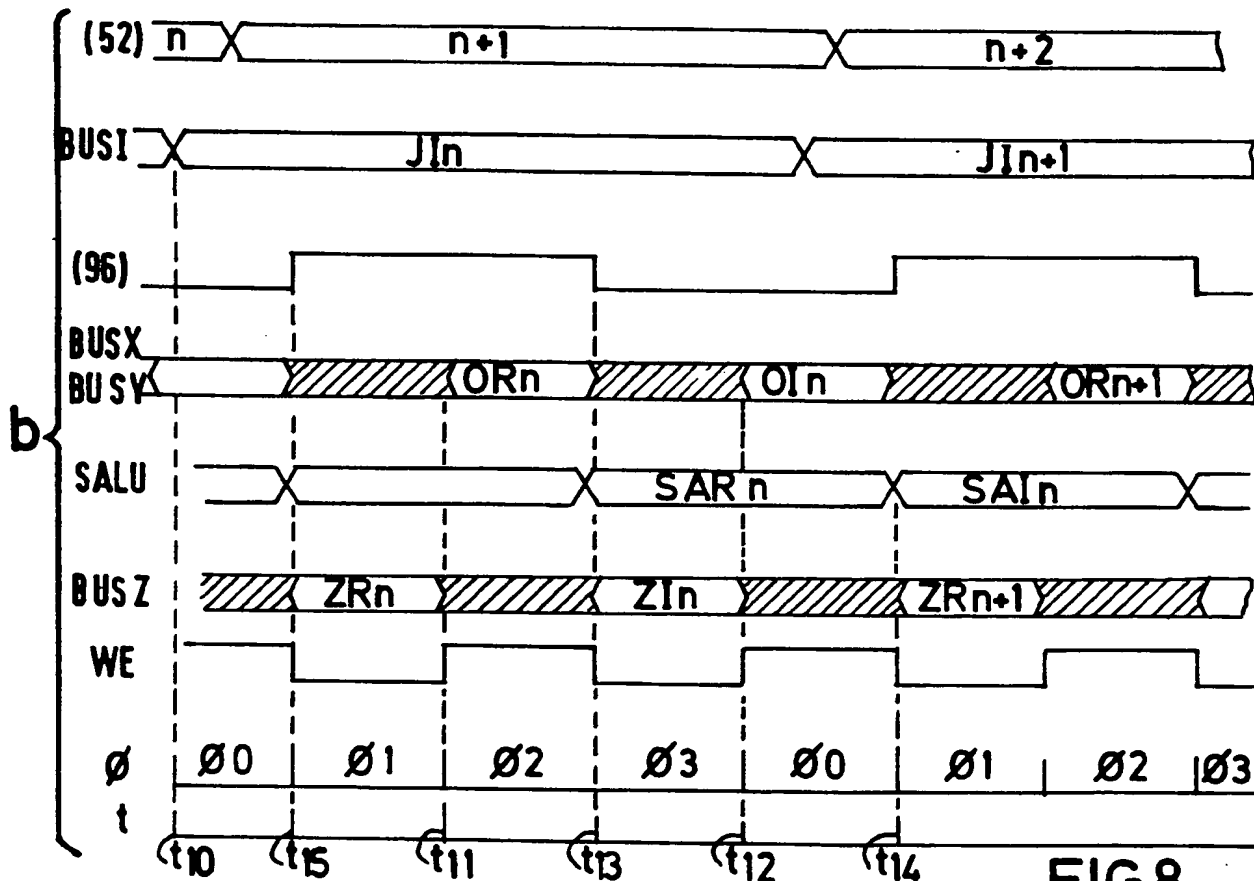
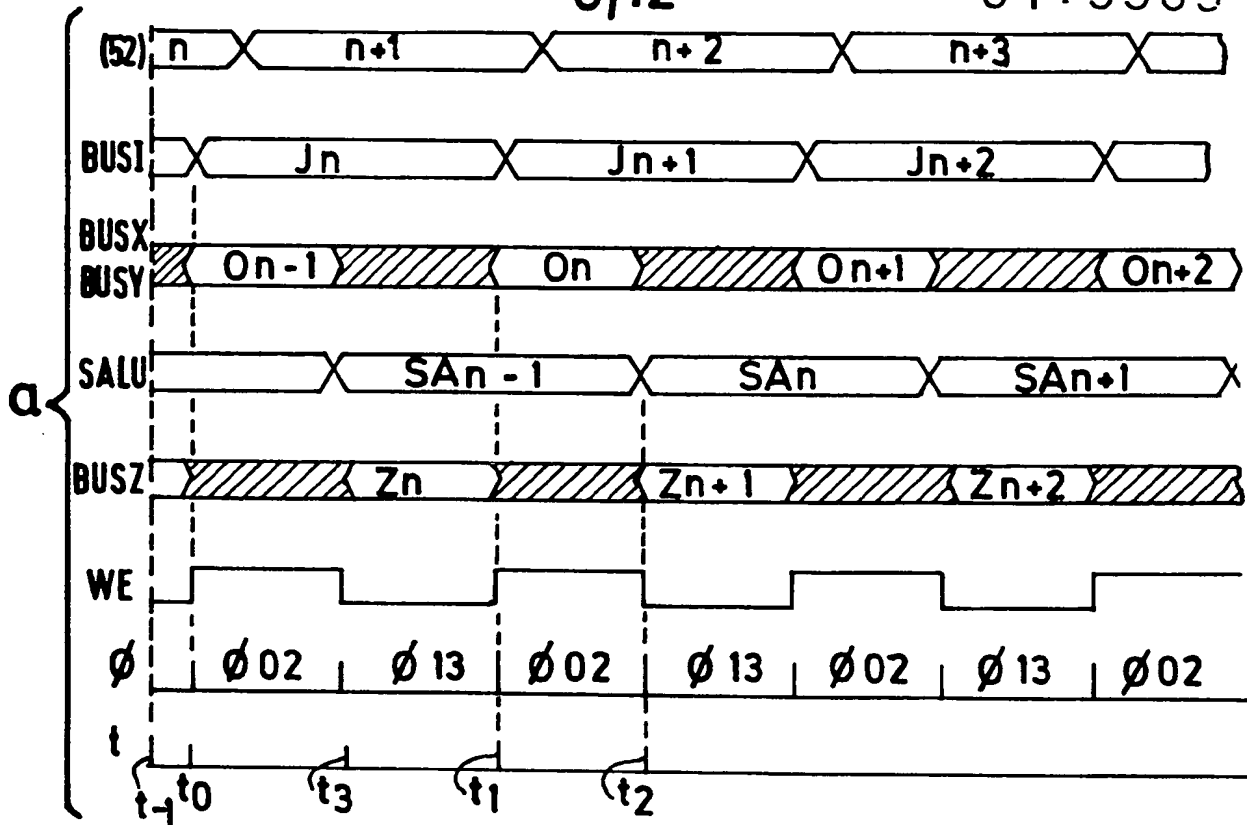


FIG.8

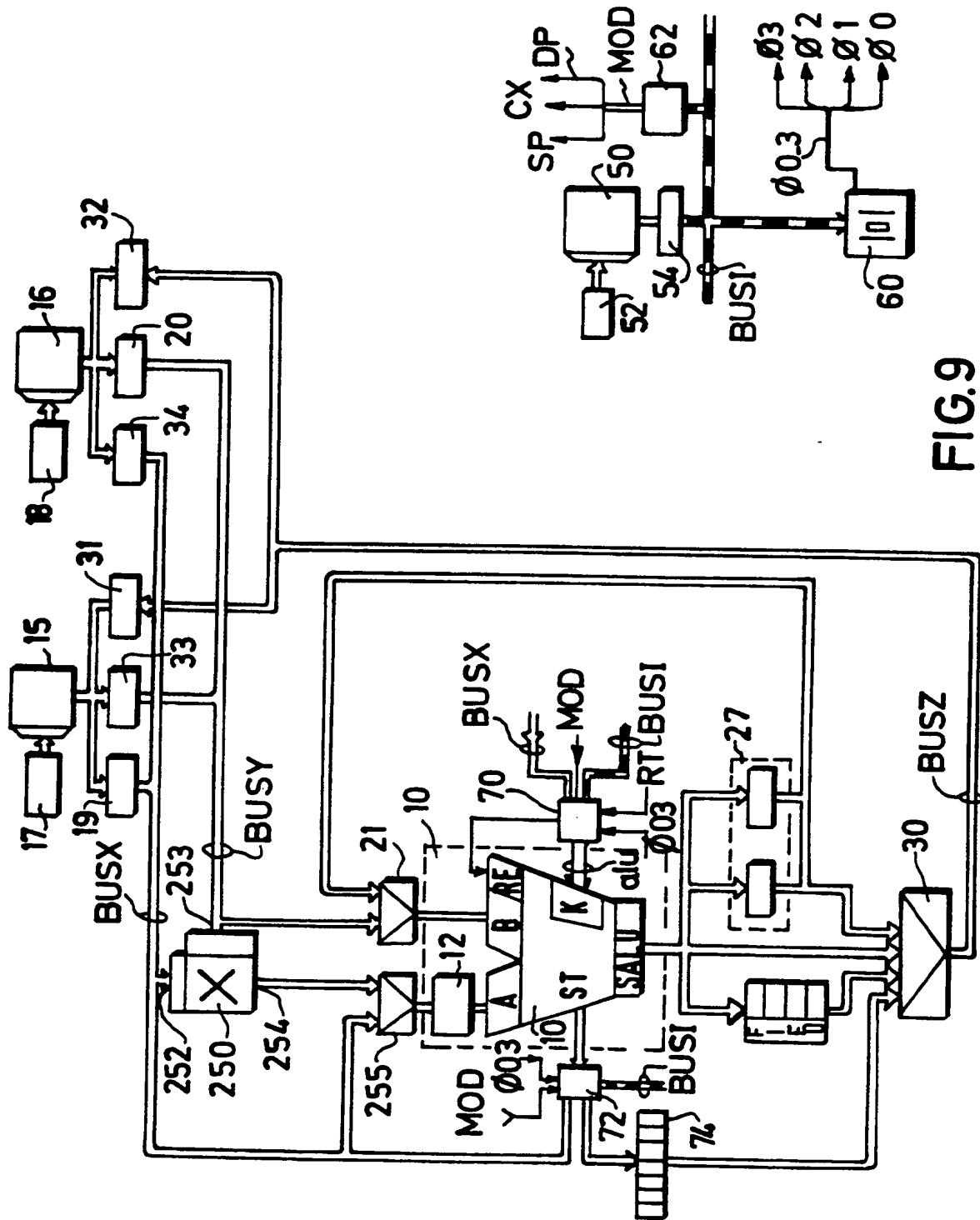
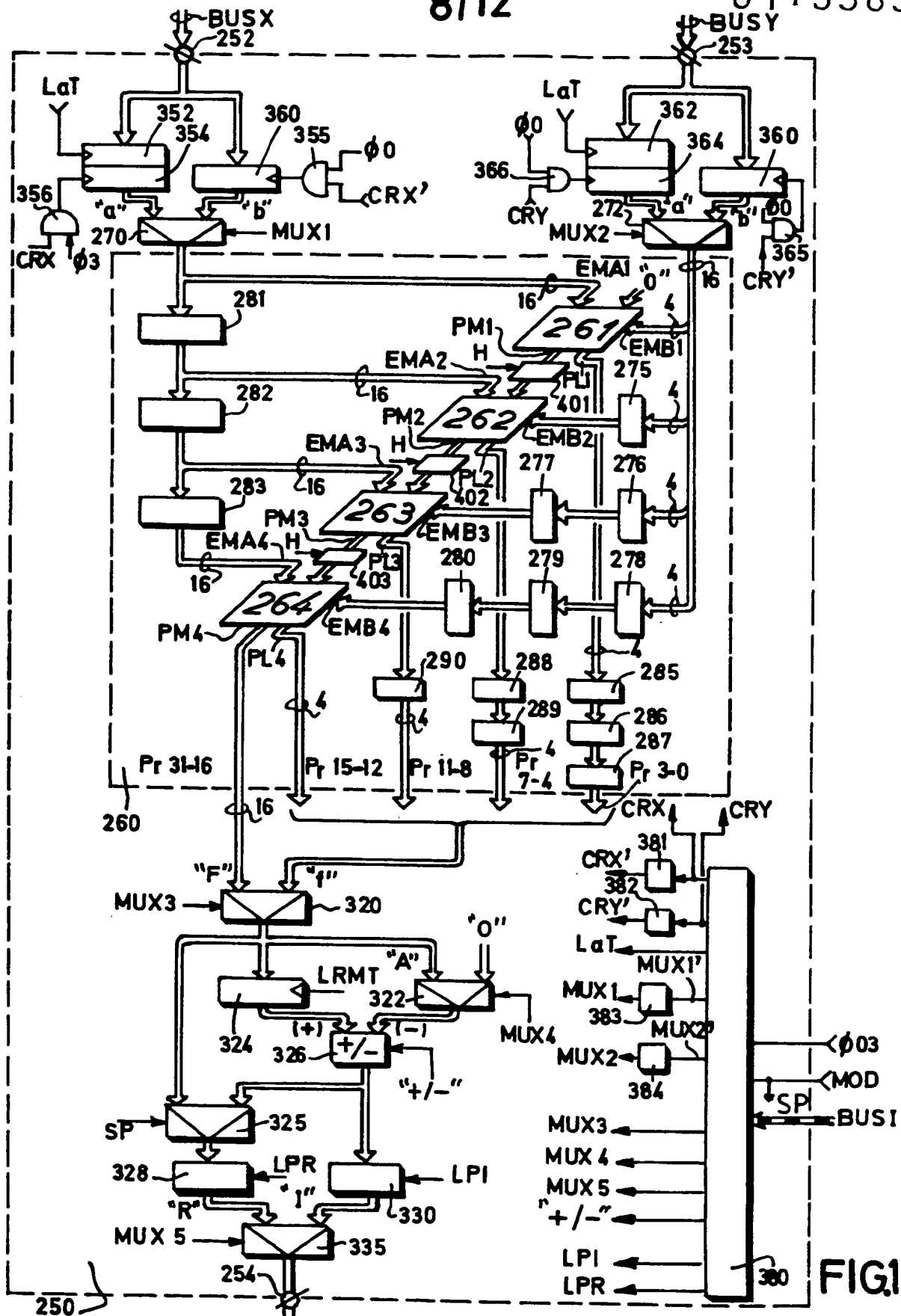


FIG.9



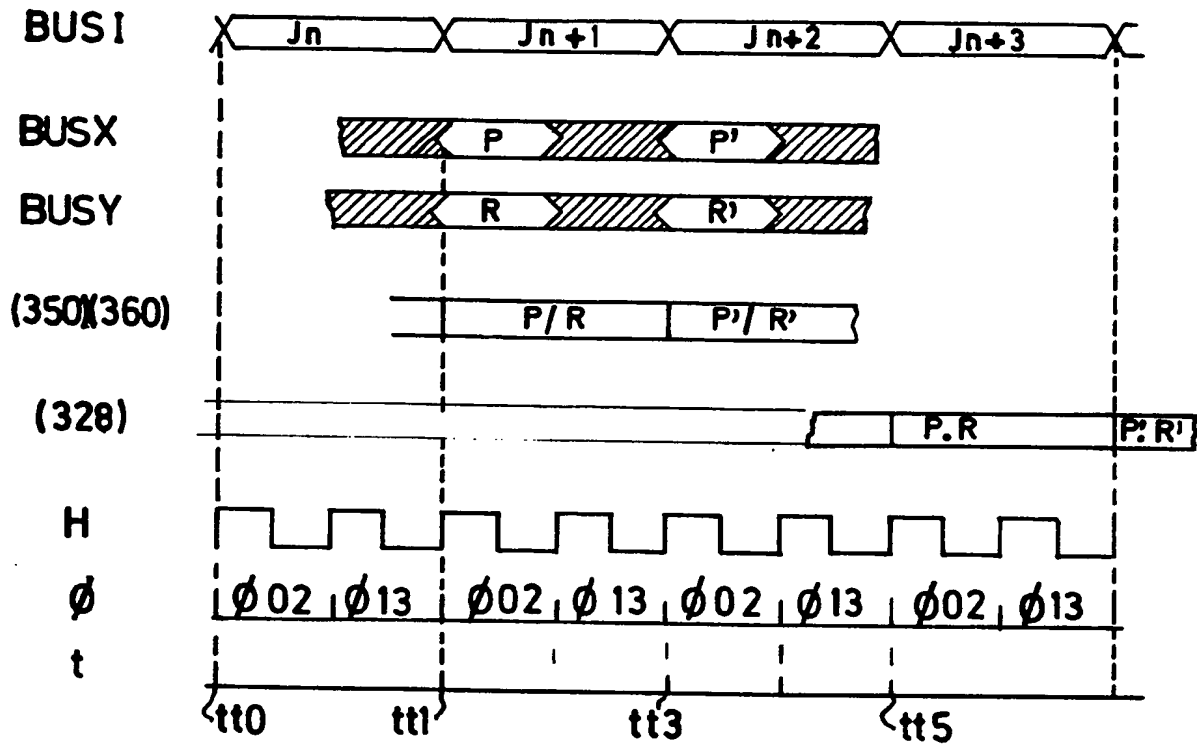


FIG.12

	261				262				263				264				
	EMA1	EMB1	PM1	PL1	EMA2	EMB2	PM2	PL2	EMA3	EMB3	PM3	PL3	EMA4	EMB4	PM4	PL4	Pr
tt1 →	P	R3.0															
tt2 →	Q	S3.0	*	P3.0	P	R7.4											
tt3 →	Q	R3.0	*	"	Q	S7.4	*	P7.4	P	R11.8							
tt4 →	P	S3.0	*	"	Q	R7.4	*	"	Q	S11.8	*	P11.8	P	R15.11			
tt5 →	P'	R3.0	*	"	P	S7.4	*	"	Q	R11.8	*	"	Q	S15.11	P15-12		P.R.
tt6 →	Q'	S3.0	*	"	P'	R7.4	*	"	P	S11.8	*	"	Q	R15.11	"	"	Q.S
tt7 →	Q'	R3.0	*	"	Q'	S7.4	*	"	P'	R11.8	*	"	P	S15.11	"	"	Q.R
tt8 →	P'	S3.0	*	"	Q'	R7.4	*	"	Q'	S11.8	*	"	P'	R15.11	"	"	P.S
tt25															"	"	P'R'
tt26																	
tt27																	
tt28																	

FIG.13

FIG.14

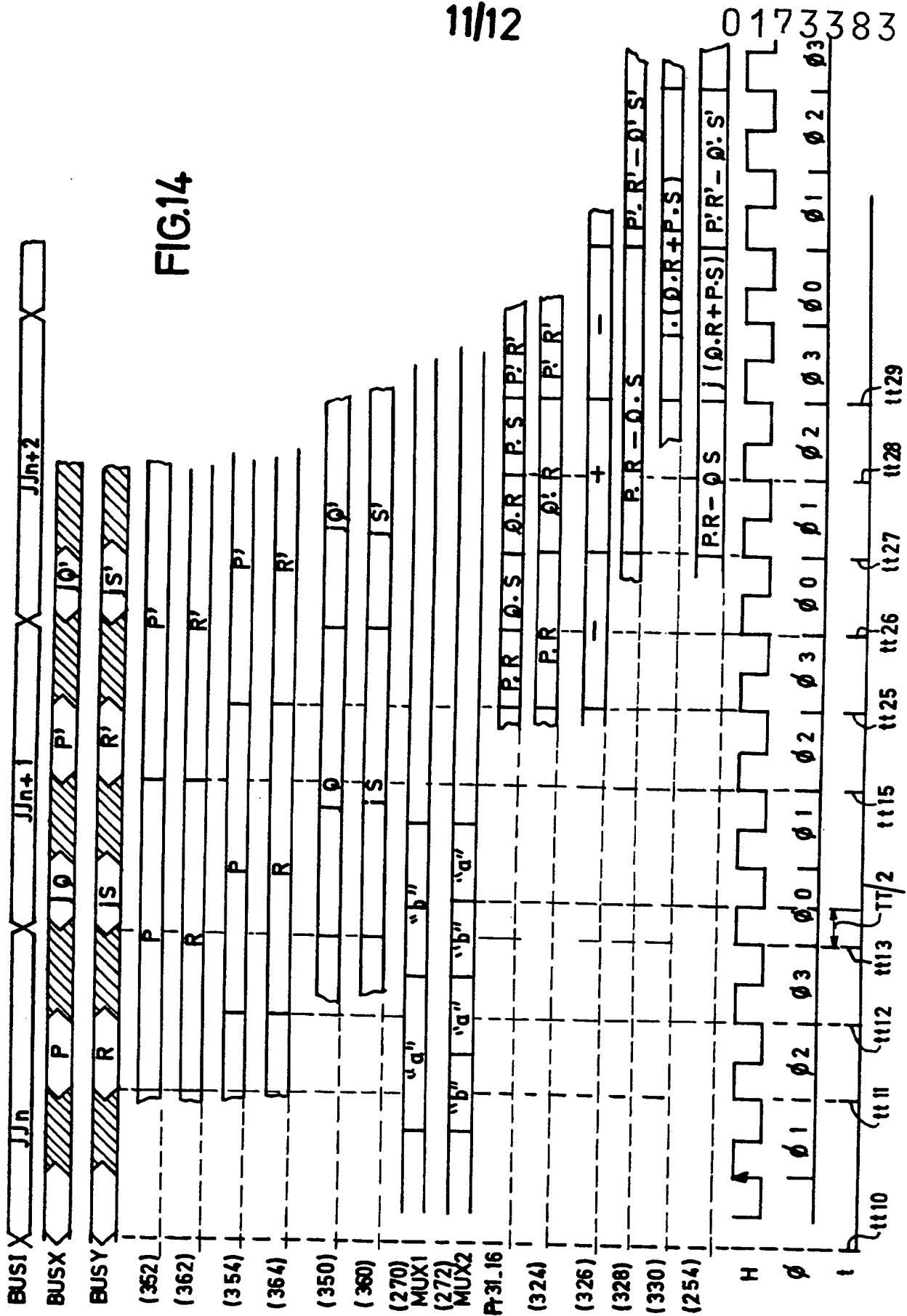
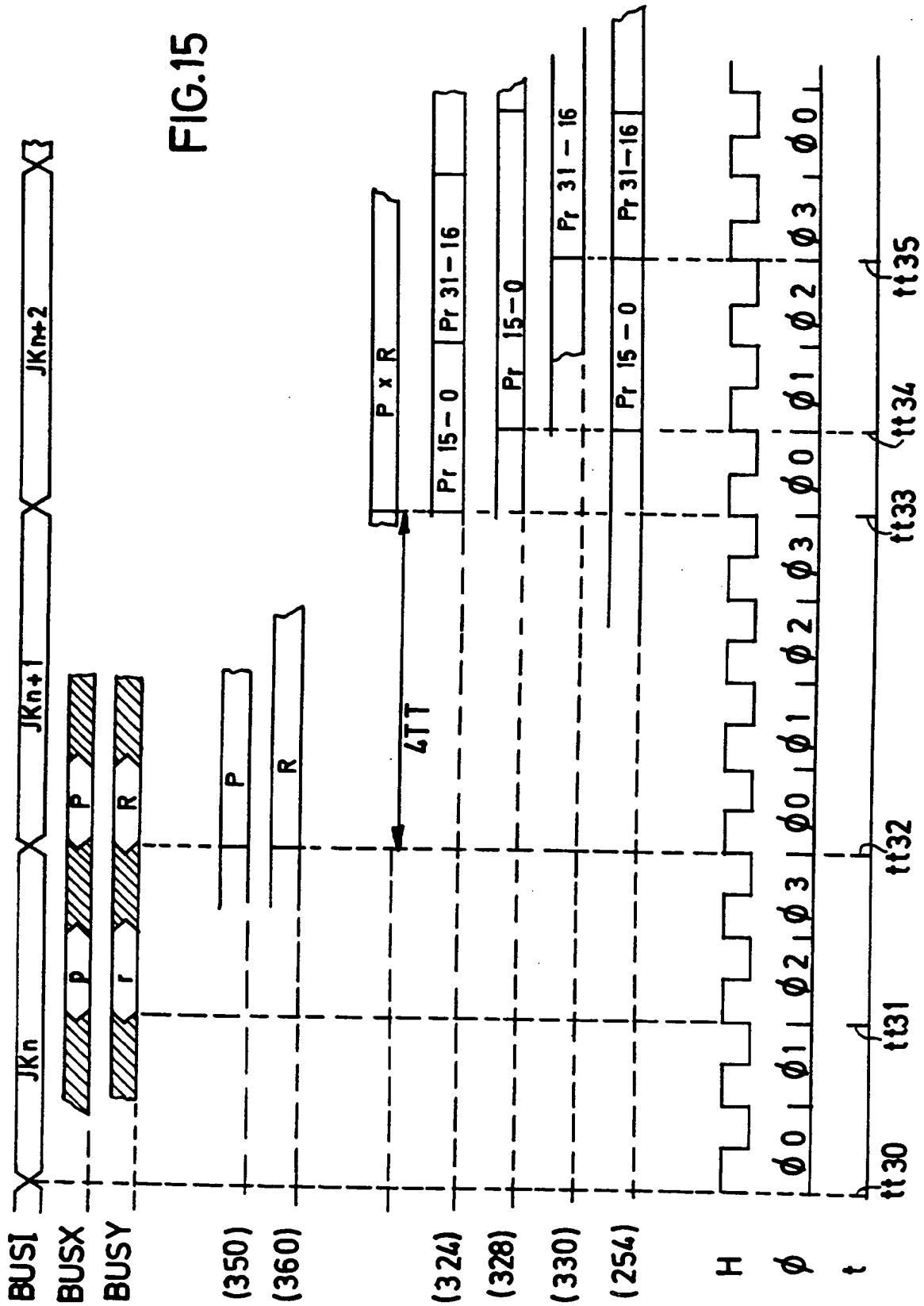


FIG.15





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0173383

Numero de la demande

EP 85 20 1271

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 4)
Y	WESCON TECHNICAL PAPER, vol. 26, septembre 1982, session 34/1, pages 1-10, North Hollywood, US; Dr. G.P. EDWARDS: "The AMI S28211 advanced signal processing peripheral" * Page 2, colonne 2, lignes 7-15; page 3, colonne 2, ligne 61 - page 4, colonne 1, ligne 10; figure 1 *	1-8, 10, 15, 16	G 06 F 7/48 G 06 F 9/30 G 06 F 7/544 G 06 F 7/52
Y	--- WO-A-8 001 423 (WESTERN ELECTRIC CO. INC.) * Page 9, lignes 13-23; page 13, ligne 7 - page 14, ligne 16; page 15, ligne 15 - page 16, ligne 3; page 17, lignes 8-15; page 19, ligne 35 - page 20, ligne 10; figures 1, 4, 10 *	1-5, 7, 8	
Y	--- IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, vol. 27, no. 1A, juin 1984, pages 104-107, New York, US; J.W. CANNON et al.: "Effective utilization of a two-port array" * Figure 2, partie en haut *	6, 15, 16	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4) G 06 F
--- -/-			
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche BAHAE		Date d'achèvement de la recherche 15-11-1985	Examinateur BEINDORFF, W. H.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 4)
A	PROCEEDINGS OF THE IEEE, vol. 72, no. 1, janvier 1984, pages 113-123, IEEE, New York, US; H.F. JORDAN: "Experience with pipelined multiple instruction streams" * Figure 2b *	11	
A	--- ELECTRONIC DESIGN, vol. 32, no. 10, 17 mai 1984, pages 135-144, Waseca, MN, Denville, New York, US; D. GARDE et al.: "CMOS signal processors push to highest throughput of all" * Page 142, colonne 2, lignes 1-9; figure 4 *	12	
A	--- ELECTRONICS INTERNATIONAL, vol. 57, no. 14, 12 juillet 1984, pages 99-103, New York, US; F. WARE et al.: "Fast 64-bit chip set gangs up for double-precision floating-point work" * Figure 2 *	13	
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4)
Lieu de la recherche FRANCE		Date d'achèvement de la recherche 15-11-1985	BEINDOREE, W.H.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ENDEBLATT

DRUCKAUFTRAGS-ID: 5613

Benutzer: eladlern
Drucker: gdAH004
Job Beginn: 21.06.2002 07:29
Job Ende: 21.06.2002 07:29

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.